فى



تأليف

محمد أحمد الغمراوى

المدرس بكلية الطب

والمنتدب لتدريس علم سنن الله الكونية

بكلية أصول الدين

[الطبعة الأولى]

الثمن ١٠ ص

مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر

١٣٥٥ — ١٩٣٦

في
سنن الله الكونية

تأليف
محمد أحمد الغمراوي
المدرس بكلية الطب
والمنتدب لتدريس علم سنن الله الكونية
بكلية أصول الدين

[الطبعة الأولى]

مطبعة لجنة التأليف والترجمة والنشر
١٣٥٥ — ١٩٣٦

فهرس الكتاب

صفحة

مقدمة الكتاب

بسم الله ، والحمد لله ، والصلاة والسلام على سيدنا محمد خاتم رسل الله .

و بعد : فهذا الكتاب ثمرة تدريس علم سنن الله الكونية فى السنة الأولى من قسم الوعظ والإرشاد بكلية أصول الدين . وعلم سنن الله الكونية هو العلوم الطبيعية مطبقة على الدين ، وإن لم يتسع الزمن طبعاً إلا لتدريس طرف يسير من تلك العلوم . وقد أصاب الأزهر كل الإصابة حين جمع بقدر الإمكان لطالبة الوعظ والإرشاد بين العلم والدين تحت هذا الاسم البليغ ، وإن كان قد بدا للأزهر بعدُ لحذف هذا العلم لمّا أعوزه الزمن فيما يظهر عند وضع البرامج الجديدة ، بدلاً من أن يزيد هـذا العلم ثبوتاً بتعميمه فى الأقسام العليا وتأسيس شبه معامل لتدريسه قد ترتقى بعد إلى معامل يكون لها وله فى المستقبل شأن كبير .

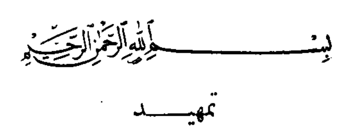
إن العلم فى الإسلام جزء من الدين ؛ ولن يستطاع تفسير جزء كبير من القرآن إلا بمعونة العلم الذى يبحث من أسرار الفطرة عما حث القرآن على البحث عنه . ولئن لم ينشأ فى العالم الإسلامى جيل من العلماء يجمعون بين تقوى الله وفقه الدين وعلوم الفطرة فسيظل ذلك الشطر الكبير من القرآن بغير تفسير يليق به ، وستظل الدعوة إلى الله فى هذا العصر العلمى محرومة من أمضى أسلحتها وأنجح وسائلها . وليس لإخراج هذا النوع من العلماء إلا الأزهر أو جامعة عليكرة أو جامعة بيت المقدس التى لا تزال فى رحم الأيام . فعسى الله أن يخرج هذا النوع من علماء الدين على أيدى أىّ هذه الهيئات الإسلامية شاء ، أو على أيدى جميعها ، أو على

أيديها وأيدى غيرها من الهيئات الإسلامية ، فإن الحاجة شديدة ، والشقة بعيدة ، ورحمة الله واسعة ، وفضل الله عظيم .

وكيفما كان الأمر فإن هناك حقيقة باقية هى أن العلم لا يسيغه رجل الدين إلا إذا قدم له بروح الدين ، والدين لا يقبل عليه رجل العلم إلا إذا قدم له بروح العلم . وكلا الأمرين ميسور فى الإسلام كل اليسر . ولست أقدم هذا الكتاب على أنه مثال لما ينبغى فى هذا السبيل ، ولكن على أنه تجربة تشير إلى ما يمكن أن يكون . وقد كان فى النية من زمن القيام بهذه التجربة على صورة لعلها أبعد عن النقص وأقرب إلى ما ينبغى ، غير أن هذه الرغبة فى القرب مما ينبغى كانت مما يدعو إلى البطء فى التنفيذ حتى قامت فى العام الدراسى المنصرم ظروف تعليمية لم تدع محلاً للتسويف ، وجعلت سرعة التنفيذ آثر من التجويد . فكان هذا الكتاب نتيجة تلك الظروف : بعضه أمالٍ كانت أمليت على الطلبة طبعت كما هى أو ببعض تعديل ، وبعضه فصول كتبت أثناء الطبع . وكانت العجلة فى التنفيذ سبباً فى خلوه من الأشكال مع الحاجة فى مثله إلى الأشكال التوضيحية . لكن المرجو مع هذا أن ينفع الله بهذا الكتاب مع طلبة الوعظ وإخوانهم من طلبة الأزهر غيرَهم من القراء فى مصر وغير مصر من جمهور المسلمين الذين يهمهم أمر الاتصال الوثيق بين العلم والدين . فإذا حقق الله هذا الرجاء وكتب لهذا الكتاب الانتشار فسيكون فى طبعاته الآتية إن شاء الله أحفل بالأشكال وأنقى من العيوب ، خصوصاً إذا تفضل قراؤه فأبلغوا المؤلف ما يعن لهم من نقد للكتاب .

والله أسأل أن يجعل عملنا خالصاً لوجهه ، وأن يهدينا أجمعين سواء السبيل .

محمد أحمد الغمراوى



تمهيـــد

<u>سنن الله الكونية</u> : هى النظم التى فطر الله عليها الخلق ، فكل ما اشتملت عليه هذه النظم وكل ما اتصل بطبائع الأشياء وخصائصها وعلاقات بعضها ببعض داخل فى علم سنن الله الكونية . فهذا العلم هو علم الفطرة ، ويقابله فى عرف الثقافة اليوم ما يسمونه بالعلوم الطبيعية أى علوم ما طبعت عليه الأشـياء . فالعلوم الطبيعية وعلوم الفطرة وعلم سنن الله الكونية كلها بمعنى ، إلا أن هذا الاسم الأخير يمتاز من الاسمين قبله بتوكيده علاقة المخلوقات بخالقها ، والفطرة بفاطرها فضلاً عن اشتراكه مع الاسمين الآخرين فى توكيده طبائع المخلوقات نفسها . ففى العلوم الطبيعية يُبحث عن طبائع الأشياء حبا فى الوقوف على حقيقتها من ناحية وللانتفاع بها فى الحياة من ناحية أخرى . أما فى علم سنن الله الكونية فيبحث عن طبائع الأشياء من الناحيتين السالفتين وأيضاً من ناحية دلالة هذه الأشـياء وطبائعها على فاطر الكون . لذلك كان جزءاً مهما من علم سنن الله الكونية تطبيق ماورد متعلقاً بموضوعه من آيات وأحاديث على ما كشفه العلم من الحقائق فى موضوع تلك الآيات والأحاديث . فكأن علم سنن الله الكونية إذا فهم على إطلاقه يشمل المعلوم من العلوم الطبيعية كلها ، من طبيعة وكيمياء وطب وحيوان ونبات وفلك ونفس الخ ، بل يذهب إلى ما وراء ذلك ويشمل ما يمكن أن ينشأ فى المستقبل من علوم لا يعرفها الإنسان اليوم .

وفى الحق أن العلوم الطبيعية هى فى الحقيقة أجزاء من علم واحد شامل هو

علم الفطرة أو علم سنن الله الـكونية ، و إنما تعددت العلوم الطبيعية لأن الإنسان وجد من مصلحته ، إذ عجز عن طلب الـكل طفرة ، أن يطلبه جزءاً جزءاً وأن يتطلب دراسة المخلوقات وطبائعها نوعاً نوعاً وجنساً جنساً ، وأن يختص بدراسة طبائع كل نوع أو جنس فريق من الناس ، وما يصلون إليه من الحقائق مع ما يكون لهم من آراء متعلقة بتلك الحقائق يسمونه علماً و ينسبونه إلى الجنس أو النوع الذى درسوه ، فهنالك مثلاً علم النبات وعلم الحيوان الخ ، كما أن هنالك علم النفس نفس الإنسان . وهـذه العلوم إذا تمت وتبينت العلاقات بينها وضم بعضها إلى بعض كونت كلا مترابط الأجزاء وكون مجموعها علماً واحداً شاملاً هو علم الفطرة .

والعلم فى حالته الحاضرة مقتصر على دراسة المخلوقات نفسها ، لـكن هذه الدراسة ستفضى به حتماً ، إن قريباً و إن بعيداً ، إلى دراستها من ناحية دلالتها على الخالق سبحانه . لـكن لا حاجة بالإنسان إلى انتظار حدوث هـذا قبل أن يطابق بين حقائق العلم وما يقابلها من نصوص الدين ما دامت تلك الحقائق وهذه النصوص معروفة ، وما دام الإنسان سيراعى فى هذه المطابقة الضرورية كل ما ينبغى فى مثلها من الحذر والتدقيق . فإذا تم للإنسان هـذا الجمع بين العلم والدين تم ما يصح أن يسمى بعلم سنن الله الـكونية ، واستطاع الإنسان أن يدرس العلم بروح العبادة من غير أن يضحى بشىء من دقة العلم ، وأن يدرس الدين و يطبقه بروح العلم من غير أن يضحى بشىء من عبادة الدين ، وهنالك يتم للإنسان الاتحاد بين عقله وقلبه ، بين علمه ودينه ، وهذا شىء ممكن تماماً فى الإسلام .

الباب الاول

العلم والدين

يظن بعض من لا خبرة له بالعلم أو بالدين الإسلامى أو بكليهما أن هـذه العلوم المسماة بالعلوم الطبيعية والتى يصح تسميتها بعلوم الفطرة علوم مستحدثة وأنها غريبة عن الدين ، وأن من الجائز وجود تناقض بين **حقائقها وحقائقه** . لـكن ظنهم هذا باطل ، لأن هذه العلوم الطبيعية هى فى الواقع علوم إسلامية لأنها فى الواقع علوم قرآنية : قرآنية فى موضوعها ، قرآنية فى طريقتها ، بل قرآنية فى اسمها لأن مادة (علم) بهذا المعنى الطبيعى المعروف واردة أيضاً فى القرآن .

فأما ورود مادة « علم » فى القرآن الـكريم بمعنى العلم الـكونى الذى يسمى الآن بالعلم الطبيعى فذلك نراه فى القرآن فى أكثر من آية . ففى سورة الأنعام وردت آيات كثيرة موضوعها الحث على طلب هـذا العلم بآيات الله فى الـكون نذكر منها قوله تعالى : (وهو الذى جعل لـكم النجوم لتهتدوا بها فى ظلمات البر والبحر ، قد فصلنا الآيات لقوم **يعلمون**) . كذلك وردت آيات عدة فى سورة الروم نذكر منهـا قوله تعالى : (ومن آياته خلق السموات والأرض واختلاف ألسنتكم وألوانكم ؛ إن فى ذلك لآيات **للعالمين**) . كذلك فى سورة فاطر آيات كونية نذكر منهـا قوله تعالى : (ألم تر أن الله أنزل من السماء ماء فأخرجنا به ثمرات مختلفا ألوانها ، ومن الجبال جُدَدٌ بيض وحمر مختلف ألوانها وغرابيب سود . ومن الناس والدواب والأنعام مختلفٌ ألوانه كذلك ؛ إنما يخشى الله من عباده **العلماء** ، إن الله عزيز غفور) . وواضح من السياق أن المراد بالعلماء هنا هم

العالمون بالآيات وأسرار الخلق التى أودعها الله سبحانه فيما أشارت إليه هذه الآيات الكريمة . هؤلاء العلماء إذا كانوا مؤمنين حملهم علمهم بأسرار الفطرة على خشية الله فاطر الفطرة لأنهم يكونون بعلمهم أبصر بعظمة الله سبحانه وجلاله وقدرته المتجلية فى آيات صنعه . وهذا فى الواقع هو الحكمة الكبرى التى من أجلها أمر الله الإنسان فى كثير من آيات القرآن بالنظر فيما خلق الله فى السموات والأرض من خلق . وهناك طبعاً إلى هذه الحكمة الكبرى حكم أخرى هى ما يتبع طلب هذه العلوم الكونية من منافع مادية دنيوية آتية من استخدام حقائق العلم فى شؤون الإنسان ، كالانتفاع مثلاً بخواص الكهرباء والبخار والحديد فى هذه القطارات والسفن البخارية وهذه المركبات والمصابيح الكهربائية . والحكم كلها مرادة لله سبحانه حين أمر الإنسان بالنظر فى ملكوت السموات والأرض ، إلا أن الحكمة الأولى حكمة خشية الله المشار إليها فى (إنما يخشى الله من عباده العلماء) هى الحكمة الكبرى ؛ إذ عبادة الله وخشيته هى الغاية الأولى والآخرة من وجود الإنسان .

العلم قرآنى بموضوعه : وأما قرآنية موضوع هذه العلوم الطبيعية فذلك واضح من الآيات السابق ذكرها ومما لا يتيسر الآن ذكره من نحو خمس آيات القرآن وإن تيسر ذكر بعضه ، مثل قوله تعالى من سورة النحل : (وإن لكم فى الأنعام لعبرة ، نسقيكم مما فى بطونه من بين فرث ودم لبناً خالصاً سائغاً للشاربين . ومن ثمرات النخيل والأعناب تتخذون منه سَكَراً ورزقاً حسناً ، إن فى ذلك لآية لقوم يعقلون . وأوحى ربك إلى النحل أن اتخذى من الجبال بيوتاً ومن الشجر ومما يعرشون . ثم كلى من كل الثمرات فاسلكى سبل ربك ذُلُلاً ، يخرج من بطونها شراب مختلف ألوانه فيه شفاء للناس ؛ إن فى ذلك لآية لقوم يتفكرون . والله خلقكم ثم يتوفاكم ، ومنكم من يُرَدُّ إلى أرذل العمر لكى لا يعلم بعد علم

شيئاً ، إن الله عليم قدير) . ومثل قوله تعالى من سورة الجاثية : (الله الذى سخر لكم البحر لتجرى الفلك فيه بأمره ولتبتغوا من فضله ولعلكم تشكرون . وسخر لكم ما فى السموات وما فى الأرض جميعاً منه ، إن فى ذلك لآيات لقوم يتفكرون) . فموضوع هذه الآيات الكريمة ، ما ذكر منها وما لم يذكر ، هو نفس موضوع العلم الطبيعى بأوسع معانيه ، ما عرف الإنسان منه وما سيعرفه . فالعلم الطبيعى كما قلنا يبحث عن الأشياء الكونية طبائعها وخواصها والعلاقات بينها ثم عن حقيقتها إن أمكن ، أى عن آيات الله المودعة فى هذه الأشياء . ففى آية فاطر مثلاً لا يعرف سر نزول الماء من السماء إلا بعلم الطبيعة ، ولا يعرف تركيب الماء وخواصه إلا بعلم الكيمياء ، ولا يعرف الإنبات والإثمار وأثر الماء فيهما إلا بعلم النبات ، ولا يعرف ما الجبال ولا ما طرائقها البيض والحمر والسود إلا بعلم طبقات الأرض ، ولا يعرف اختلاف أجناس الناس والدواب والأنعام إلا بعلمى أصل الشعوب والحيوان الخ . وعلى هذه الآية فقِسْ غيرها . فهذه العلوم الطبيعية ليست قرآنية الموضوع فقط بل هى لا بد منها لتفسير الآيات الكونية فى القرآن .

العلم قرآنى بطريقته : أما إن طريقة العلم فى طلب أسرار الفطرة هى نفس الطريقة التى أمر بها القرآن فيتبين مما يأتى : —

أولاً : أن العلم لا يقول عن شىء إنه حق إلا إذا قام عليه البرهان اليقينى القاطع . والقرآن الكريم يأمر كذلك بألا يقبل الإنسان شيئاً على أنه حق إلا إذا قام عليه البرهان : يتبين ذلك من مثل قوله تعالى : (وقالوا لن يدخل الجنة إلا من كان هوداً أو نصارى ، تلك أمانيهم ، قل هاتوا برهانكم إن كنتم صادقين) وقوله تعالى : (سيقول الذين أشركوا لو شاء الله ما أشركنا ولا آباؤنا ولا حرمنا من

شيء ، كذلك كذب الذين من قبلهم حتى ذاقوا بأسنا ، قل هل عندكم من علم فتخرجوه لنا ؟ إن تتبعون إلا الظن و إن أنتم إلا تخرصون) . والعلم هنا هو الحق اليقيني القائم الثابت بالحجة القاطعة بدليل عيبه عليهم إنزالهم الظن والتخمين منزلة الحجة واليقين فى قوله تعالى : (إن تتبعون إلا الظن و إن أنتم إلا تخرصون)

ثانيا : أن العلم يحاذر كل المحاذرة أن يجعل يقينيًّا ما ليس بيقيني ، وأن ينزل الظن منزلة اليقين ، أو أن ينزل الفرض والتخمين منزلة الظن والترجيح . فهو يقيس مقدار اقتراب القضية من الحق بمقدار متانة الحجة التى تشهد للقضية ، فإذا كانت الحجة قاطعة فالقضية حق ، و إذا كانت غير قاطعة فالقضية ظن ، و يسميها العلم فى هذه الحالة نظرية إذا كانت أرجحيتها كبيرة ؛ إذ من الواضح أن هناك فى الرجحان مراتب بعضها أرقى من بعض . أما إذا تساوى ما يشهد للقضية وما يشهد عليها ، فتلك هى القضية المجهولة التى وقعت موقعاً وسطاً بين الحق والباطل لا يُدرى إلى أيهما هى أقرب . وأمثال هذه القضية وما قبلها من القضايا الواقعة فى منطقة الرجحان ، قل حظها من الرجحان أو كثر ، هى موضع النظر العلمى والبحث ، لا يزال العلم يبحث عنها و يمحصها حتى ينتهى فيها إلى حكم قاطع فيلحقها إما بالحق اليقيني و إما بالباطل اليقيني . وهذا التفريق من العلم فى المنزلة بين ما هو حق وما هو راجح وما هو دون الراجح يتفق تماماً مع روح القرآن الكريم فى النظر ، ومع طريقته المتجلية فى القرآن الكريم كله ، خصوصاً تلك الآيات منه التى من قبيل ما ذكر تحت *أولا* ، مثل قوله تعالى من سورة النجم : (أفرأيتم اللات والعزى ، ومناة الثالثة الأخرى ؟ ألكم الذكر وله الأنثى ؟ تلك إذن قسمة ضيزى . إن هى إلا أسماء سميتموها أنتم وآباؤكم ما أنزل الله بها من سلطان ؛ إن يتبعون إلا الظن وما تهوى الأنفس ، ولقد جاءهم من ربهم الهدى) . ومثل قوله تعالى من سورة الجاثية : (وقالوا ما هى إلا حياتنا الدنيا نموت ونحيا وما يهلكنا إلا

الدهر ، وما لهم بذلك من علم إن هم إلا يظنون) ، وقوله تعالى من سورة يونس : (وما يتبع أكثرهم إلا ظناً ، إن الظن لا يغنى من الحق شيئاً ، إن الله عليم بما يفعلون) .

ثالثاً : وهو ملتحق بالأصلين السابقين ، أن العلم يمنع التقليد فى النظر من غير وقوف على الدليل واقتناع به ، والعلم الحديث يخالف العلم قديماً فى هذا ، لأن العلماء قديماً ، خصوصاً فى القرون الوسطى ، كانوا كثيراً مايقنعون فى الاستدلال على الصحة أو البطلان بإثبات أن القضية توافق أو تخالف رأى فلان أو علان من المشاهير ، فكان ما يثبت عن أرسطو مثلاً يتخذ حجة قاطعة فى موضوعه من غير أن ينظر فى رأى أرسطو هذا فى ذاته ، ومن غير أن يسأل ما دليل أرسطو . وكان هذا منبع شر كبير ، ولعله كان سبب كثير من الشبه الكلامية التى قامت بين علماء المسلمين ، بعد أن ترجمت كتب اليونان فى العصر العباسى ، فيما يتعلق بالعلاقة بين الشريعة وما كانوا يسمونه الحكمة ، يريدون بالحكمة غالبا ما أخذوه عن حكماء اليونان مثل أفلاطون وأرسطو وأضرابهما ، حتى جاء أمثال الغزالى من المسلمين فوضعوا الأمر فى نصابه .

والعلم فى منعه التقليد الأعمى يتفق تمام الاتفاق مع القرآن الكريم الذى شدد النكير على أناس كانوا يستمسكون بالرأى . لا لأنهم عقلوه ولكن لأن أباءهم فعلوه . ترى ذلك من مثل قوله تعالى من سورة البقرة : (و إذا قيل لهم اتبعوا ما أنزل الله قالوا بل نتبع ما ألفينا عليه آباءنا ، أو لو كان آباؤهم لا يعقلون شيئاً ولا يهتدون) ، وقوله تعالى من سورة المائدة : (و إذا قيل لهم تعالوا إلى ما أنزل الله و إلى الرسول قالوا حسبنا ما وجدنا عليه آباءنا ، أو لو كان آباؤهم لا يعلمون شيئاً ولا يهتدون) ، أو قوله تعالى من سورة الزخرف : (بل قالوا إنا وجدنا آباءنا على أمة و إنا على آثارهم مهتدون . وكذلك ما أرسلنا من قبلك فى قرية من نذير إلا قال

مترفوها إنا وجدنا آباءنا على أمة و إنا على آثارهم مقتدون . قال أولو جئتكم بأهدى مما وجدتم عليه آباءكم ؟ قالوا إنا بما أرسلتم به كافرون . فانتقمنا منهم ، فانظر كيف كان عاقبة المكذبين) . فالتقليد الأعمى ، أى الأخذ بالرأى من غير دليل أو رغم الدليل متابعة لزيد أو لبكر من الناس ، محرم على أهل النظر فى حكم العلم وفى حكم القرآن .

والأصل الجامع : لذلك كله فى العلم وفى الدين هو **تحكيم العقل** فى كل مايعرض للإنسان من أمر . والمراد بالعقل ليس هو العقل الخاص عقل الفرد ولكن العقل العام أو العقل المطلق الذى ضبطت قوانين تفكيره عن طريق الاستقراء وأودعت مايسمى بعلم المنطق . هذا العقل هو الحكم فى العلم وهو الحكم فى الدين . فالقرآن دائماً يحاكم إلى العقل و ينعى على من لا يستعمله . بل إن العقل قد أكبره الإسلام إكباراً دونه أى إكبار ، حتى لقد أوجب الشرع تأويل النص إلى ما يطابق العقل إذا كان ظاهر النص يناقض ما ثبت قطعيًا بالعقل . وكلمة « قطعيًا » هنا مهمة ، فلا يجوز تأويل النص من أجل ما هو راجح عند العقل ، لأن العقل نفسه يجيز بطلان ذلك الراجح فلا حكمة هناك إذن فى تأويل النص الشرعى من أجل ما قد يثبت المستقبل أنه من الباطل . والأمثلة التى ضربت فى الشرع لوجوب التأويل كلها من باب قوله تعالى : (يد الله فوق أيديهم) فإن نسبة الجارحة إلى الله تعالى محال فوجب تأويل الآية عن ظاهرها إلى معنى من المعانى المجازية اللائقة به تعالى ؛ فأوّلوا اليد إلى القدرة . لكن من الممكن أن يقال إن هذا النوع من التأويل غير لازم عند النظر فى الآيات الكونية القرآنية . بل كثيراً ما يكون المعنى الحرفى للآية الكريمة هو المنطبق على ما ثبت عند العلم بالبرهان .

رابعا : أن العلم فى تطبيقه قوانين التفكير المجموعة فى علم المنطق القياسى يتخذ أصلين اثنين يبنى عليهما : —

الأول : أنه لا تناقض مطلقاً بين الحقائق . فليس من الممكن أن ينقض حق حقا ، وما ينقض حقا إذن فهو باطل . وهذا يصح أن يسمى بأصل توافُق الحقائق .

الثانى : أصل اطراد الفطرة . فما ثبت أنه حق فى وقت ما سيكون دائماً حقًّا ، أو بعبارة أخرى أن الحق مستقل عن الزمان والمكان .

وليس عند العلم برهان على هذين الأصلين إلا تجاربه الماضية ، فإنه لم يشاهد مطلقاً أن قضية حقيقية نقضت أخرى حقيقية . أى لم يشاهد مطلقاً تناقضاً بين حقائق العلم سواء اكتشفت تلك الحقائق فى الماضى أم فى الحاضر ، فى الأرض أم فى كوكب من الكواكب ، بل كثير من حقائق العلم إنما استنتج بناء على هذين الأصلين : أصل اتساق الحقائق أو امتناع التناقض بينها ، وأصل اطراد الفطرة ، وكانت التجربة دائماً تؤيد الاستنتاج . بل من الواضح أن العلم يصبح مستحيل الوجود ومستحيل النمو لو انهار أحد هذين الأصلين أو كلاهما . وهذا سبب آخر يجعل العلم يستمسك بهذين الأصلين محافظة على وجود نفسه ، وإن عجز العلم عن إقامة الدليل على صحتهما فيما يتعلق بالمستقبل .

هذان الأصلان اللذان يستمسك العلم بهما هذا الاستمساك هما أصلان قرآنيان أكدهما منزل القرآن سبحانه كل التأكيد ، وهو سبحانه أعلم بما خلق . فأصل اطراد الفطرة ثابت قرآنيا من مثل آية الأحزاب : (سنة الله فى الذين خلوا من قبل ولن تجد لسنة الله تبديلا) ، أو آية فاطر : (فهل ينظرون إلا أن تأتيهم سنة الأولين ؟ فلن تجد لسنة الله تبديلا ولن تجد لسنة الله تحويلا) ، وآية الروم : (فأقم وجهك للدين حنيفاً ، فطرةَ الله التى فطر الناس عليها ، لا تبديل لخلق الله) . فهذه آيات صريحة فى اطراد الفطرة وبقاء سنن الله فيها على الزمان كله من غير تحويل ولا تبديل . والفطرة وسننها هنا تشمل كل ما وجد فى ملكوت الله ، سواء فى ذلك ما تعلق بغير الإنسان من جماد ونبات وحيوان أو ما تعلق بالإنسان من

ناحية النفس والروح فى الفرد والجماعة مما لم يرتق العلم إليه إلى الآن .

أما أصل توافق الحقائق أو استحالة تناقضها فثابت قرآنيا من الآيات السابقة ، لأن تناقض الحقائق يستلزم تناقض الفطرة ، و يزداد ثبوتاً بقوله تعالى من سورة تبارك (ما ترى فى خلق الرحمن من تفاوت) ، فإن التناقض هو أكبر التفاوت ، فإذا ما انتفى التفاوت فى خلق الله لزم أن ينتفى التناقض فى خلق الله أيضاً .

خامسا : <u>أصل المشاهدة</u> : عرفنا أن العلم فى بحثه عن الحقيقة يسلك سبيل العقل فلا يعتبر حقا إلا ما قام البرهان على أنه حق : فالعلم دائب البحث إذن عن البراهين التى تثبت حقائق الأشـــياء . هذه البراهين عرفنا من أنواعها النوع القياسى ، أى الذى يتوصل إليه بالقياس الصحيح . لكن القياس الصحيح إنما يؤدى إلى نتيجة صحيحة إذا صحت المقدمتان كلتاهما . أما إذا كانت إحداهما باطلة أو مشكوكاً فيها فإن النتيجة يصيبها من البطلان أو الشك مثل ذلك و إن صحت طريقة الاستنتاج . و بعبارة أخرى يلزم لصحة النتائج شرطان : صحة المقدمات كلها ، وصحة طريقة الاستنتاج التى هى نفس القياس . أما صحة طريقة الاستنتاج فقد تكفل بها المنطق القياسى ، لكن المقدمات ما شأنها وما طريق التثبت من صحتها ؟

كثير من المقدمات ناتج عن طريق القياس من مقدمات أولية بدهية الصحة لا يختلف فى صحتها العقلاء و يصلون إليها مستقلا بعضهم عن بعض . وعلم الهندسة النظرية على تعقد نظرياته مستنتج كله من أمثال هذه البديهيات . لكن ليس كل المقدمات يمكن رده إلى بدهيات كهذه عنـد إثبات صحته . ولابد إذن فى إثبات صحة هذا النوع الثانى من طريق آخر غير طريق الاستنتاج من البدهيات ، هذا الطريق الآخر هو طريق المشاهدة الصحيحة . وهو الطريق الذى سلكه إلى حدٍّ ما العلم قديماً ، و يسلكه دائماً العلم حديثاً حتى صار طابعَه الذى طبع به ، وميزتَه التى امتاز بها .

هذه المشاهدة العلمية تستعمل فيها الحواس خصوصاً السمع والبصر لكن بشرط تربيتها وتدريبها من ناحية ، وإعانتها على دقة الملاحظة بالآلات الدقيقة من ناحية أخرى . هذه الآلات هى فى الواقع وسائل هَدى الله إليها الإنسان ليزيد فى مدى حسه ، فيزيد فى مدى إبصاره مثلاً بالمجاهر أو (المِكْرُسْكوبات) التى يستطيع الإنسان بها أن يرى من الأجسام ما صغر حتى دق عن أن تبصره العين المجردة ، كالجراثيم وكرات الدم وخلايا الأجسام الحية — أو يزيد فى مدى إبصاره بالمراقب « التِلِسْكوبات » التى تقرب للإنسان الأجسام البعيدة فيرى منها ما لم يكن يراه من قبل . فأما المجاهر فتستعمل كثيراً فى المعامل ، وأما المراقب فتستعمل غالباً فى المراصد .

هذا الأصل أصل المشاهدة الصحيحة هو إذن الطريق الثانى الذى يسلكه العلم الطبيعى للوصول إلى مقدمات صحيحة ، ولولاه ما اتسعت العلوم الطبيعية هذا الاتساع ولا نمت هذا النمو ولا كشفت ما كشفت من أسرار الخالق . فالمشاهدة أصل علمى عظيم وهى أيضاً أصل قرآنى عظيم ، فإن الآيات التى تأمر بالمشاهدة واستعمال السمع والبصر والعقل كثيرة فى القرآن نذكر منها ما يأتى : —

(١) **استعمال البصر مع العقل :** (قل سيروا فى الأرض فانظروا كيف بدأ الخلق) العنكبوت ؛ (أو لم يروا إلى الطير فوقهم صافات ويقبضن) تبارك : (أفلا ينظرون إلى الإبل كيف خلقت ، وإلى السماء كيف رفعت ؟ الآيات) الغاشية .

(٢) **استعمال السمع مع العقل :** (أفلم يسيروا فى الأرض فتكون لهم قلوب يعقلون بها أو آذان يسمعون بها ؟) — الحج .

(٣) **استعمال السمع والبصر مع العقل :** (ولقد ذرأنا لجهنم كثيراً من الجن والإنس لهم قلوب لا يفقهون بها ، ولهم أعين لا يبصرون بها ، ولهم آذان لا يسمعون بها ، أولئك كالأنعام بل هم أضل ، أولئك هم الغافلون) الأعراف .

ب (والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئاً ، وجعل لكم السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون) — النحل .

(ولا تَقْفُ ما ليس لك به علم ، إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا) — الإسراء .

(٤) **استعمال جميع وسائل المشاهدة مع العقل** : (أو لم ينظروا فى ملكوت السموات والأرض وما خلق الله من شىء) الأعراف .

فهذه الآيات القرآنية الكريمة تحض الإنسان على استعمال العقل والسمع والبصر وما إليها من طرق المشاهدة الصحيحة بجميع أساليب الحض ، ثم هى مع ذلك تؤدبه من حيث استعمال هذه المواهب على وجهها الصحيح . فآية (ولا تقف ما ليس لك به علم الآية) تنهاه من ناحية أن يجرى مع الوهم أو الظن ، وتدله من ناحية أخرى على طريق الوصول إلى ما ليس بوهم ولا ظن أى إلى اليقين والحق عن طريق إحسان استعمال السمع والبصر والعقل (إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا) . وفى قوله سبحانه (كل أولئك كان عنه مسئولا) ليس فقط أمر شديد بإحسان استعمال البصر والسمع والعقل وعدم إهمالها ، بل فيه أيضاً أمر بالاستمساك بما يهتدى إليه الإنسان من الحق عن طريقها . ففى هذه الآية وحدها ثلاثة أصول هى جماع أصول النظر العلمى : —

الأول : ألا يتبع الإنسان إلا الحق المعلوم يقيناً (ولا تقف ما ليس لك به علم)

الثانى : أن طريق الوصول إلى هذا الحق هو المشاهدة الصحيحة والتفكير الصحيح .

الثالث : أن على الإنسان أن يستمسك بما يصل إليه من الحق عن طريق هذه المشاهدة والتفكير الصحيحين .

(إن السمع والبصر والفؤاد كل أولئك كان عنه مسئولا)

على أن علم الإنسان كله مصدره العقل والمشاهدة الصحيحة . بل إن العقل لا يقوى ولا ينمو إلا عن طريق التجارب والمشاهدات . فلو أخذ طفل وحبس عن العالم إلا فيما يكفى لحياته من طعام وشراب ، فإنه و إن نما جسمه حتى يبلغ جسم الرجال لا ينمو عقله عن عقل الطفولة . بهذا يقول علماء التربية ، و إلى هذا تشير الآية الكريمة (والله أخرجكم من بطون أمهاتكم لا تعلمون شيئاً ، وجعل لكم السمع والأبصار والأفئدة لعلكم تشكرون) . فإن هذه الآية تكاد تكون صريحة فى أن ما يحصله الإنسان من علم بعد أن يولد إنما يكسبه عن طريق السمع والبصر والعقل .

مقارنة بين العلم القديم والعلم الحديث : وأصل المشاهدة الصحيحة هذا هو من أهم الفروق بين العلم الحديث والعلم القديم ، فإن القدماء كانوا فى جملتهم يعتقدون أن من الممكن أن يصل الإنسان إلى ما يشاء من علم عن طريق العقل وحده . أى لم يكونوا يقولون بضرورة المشاهدة لحصول العلم ، بل منهم من كان يرى أن المشاهدة تضل العقل لأن الحواس غير مأمونة فى أنبائها ، ترى الشيء صغيراً كالنجم مثلاً وهو كبير . لذلك كانوا كثيراً ما يكتفون فى طلب العلم وأسرار الفطرة بالجلوس والتفكير ، فكانوا يصلون إلى قضايا كلية يزعمون أنها حقائق ، ولما يقم عليها دليل . إنما كان دليلهم فروضاً يفترضونها يرونها حقًّا و يركنون إليها فى الإثبات ؛ ففيثاغورث مثلاً يقول عن الكون إنه متفرد كامل كروى لأن الكرة أكمل الأشكال ، و إنه حى عاقل لأن ما هو حى وعاقل خير مما ليس بحى ولا عاقل . فمثل هذا النوع من الاستنتاج الخيالى غير المرتكز على حقائق يقينية ينكره العلم الحديث كما ينكره القرآن . ومن هنا وقع قدماء الفلاسفة من اليونان فى أغلاط كثيرة من حيث لا يشعرون ، كقولهم إن للأجرام السماوية فى أفلاكها نغمات يطرب لها من يسمعها و إن لهذه الأجرام أثراً كبيراً فيما يصيب الإنسان من

نحس أو سعود . وقد سقط كثير من المسلمين فى نفس هذه الأغلاط حين أخذو علم اليونان كله على أنه حق من غير أن يطيعوا الله فيه فيمحصوه ، ومن غير أن يردوه إلى القرآن . بل بلغ بهم الأمر أنهم كانوا يردون القرآن إليـه ، كقول إخوان الصفا : إن إدريس عليه السلام هو هرمس المثلث بالحكمة ، صفت نفسه فصعدت إلى السماء وطافت مع بعض أجرامها ثلاثين عاماً ، وشاهدت من العجائب ما لا يشاهده إلا من يطوف ذلك الطواف ، وأن إلى هذا فى زعمهم يشير القرآن الكريم فى قوله تعالى : (ورفعناه مكاناً علياً) . وهـذا نوع من فهم القرآن لا يجيزه القرآن كما رأيت ولا العقل . ولعلنا لو بحثنا فى تاريخ الفلسفة الإسلامية ، وما كان بين علماء المسلمين من خلافات كلامية لوجدنا أكثر هـذه الخلافات إن لم يكن كلها راجعاً إلى قضايا فلسفية أخذها المسلمون عن اليونان من غير تمحيص .

كان قدماء الفلاسفة إذن يرون العقل مصدراً للحقائق مستغنياً بذاته عن المشاهدة ، أما محدثوهم فيرونه وسيلة . أما الحقائق نفسها عند العلم الحديث فهى خارج النفس ، خارج العقل . كان القدماء لا يرون امتحان الأشـياء نفسها ضرورياً لطلب الحقيقـة ، أما المحدثون فلا يرون سبيلاً للوصول إلى الحقيقـة إلا امتحان الأشياء تحت إشراف العقل . والعلم الحديث باختراعاته واكتشافاته قد وُلد حين ترك الإنسان مذهب الأقدمين فى طلب العلم عن طريق التفكير البحت ، وبدأ هو يطلب العلم عن طريق المشاهدة مع التفكير . لذلك كان الدور الأول من أدوار نشوء العلم الحديث هو دور مشاهدة تكاد تكون بحتة ، ليس للتفكير فيها إلا بقدر ما يضمن صحتها .

أدوار النظر العلمى

الدور الأول : هذا الدور هو دور جمع الحقائق، فهو دور التجربة والمشاهدة ، ولا بد فيه من الاستيثاق من صحة الوقائع لأن هذه الوقائع سيبنى عليها العلم بناءه ، فلا بد من التأكد من متانة الأساس قبل إقامة البناء . وصحة الوقائع يستوثق منها عن طريق تكرار المشاهدة فى نفس الظروف . هذا التكرار يكون إما على يد المشاهد الأول الذى شاهد الواقعة لأول مرة — يكرر التجربة والمشاهدة ليتأكد هو من صحة الواقعة قبل أن يذيعها على الناس — و إما أن يكون التكرار على يد غير المشاهد الأول من العلماء للتثبت من صحة الواقعة إذا خامرهم ما يدعو إلى الشك فيها ، أو للبناء عليها فى أبحاثهم . فكل واقعة من الوقائع العلمية لا بد أن تكون ثبتت عن تجارب متعددة فى ظروف محدودة واضحة .

وهذا الدور فى العلم يشبه فى علوم الدين دور جمع الحديث من طرق متعددة للاستيثاق من صحتها ولترتيبها فى مراتبها . فالمحدث يريد أن يستوثق من صحة الواقعة إلى الرسول صلوات الله عليه لأنه سيبنى عليها فى دينه ، والعالم الطبيعى يريد أن يستوثق من صحة الواقعة المنسوبة إلى الفطرة لأنه سيبنى عليها فى علمه . واتفاق الروح والطريقة عند علماء الدين الأولين والعلماء الطبيعيين المحدثين ، مع اختلاف الزمن واستقلال كل عن كل ، دليل عملى على أن الطريقة العلمية هى طريقة قرآنية ينبغى أن يأنس إليها ويقبل نتائجها رجل الدين ، وأن الطريقة القرآنية فى النظر هى الطريقة العلمية ، وينبغى أن يأنس إليها ويقبل نتائجها رجال العلم .

الدور الثانى : فى دور المشاهدة تجمع الوقائع ، لكن هذه الوقائع إن كانت من باب واحد لا بد أن تكون ناشئة عن قانون طبيعى واحد أو إذا شئت عن سنة من

سنن الله واحدة . والعلم يرمى من وراء مشاهداته إلى الوصول إلى تلك القوانين أو هذه السنن ، فالوقائع المجموعة و إن كانت مهمة فى ذاتها لأنهـا حقائق جزئية تزداد أهميتها كثيراً لأنها السلم الذى يوصلنا إلى القوانين الفطرية ، أو الحقائق الكلية التى كان من آثارها تلك الوقائع الفردية ، أو إذا شئت ، التى من صورها تلك الحقائق الجزئية .

طريق اكتشاف قوانين الفطرة : والطريق الواحد المفتوح أمام العلماء لاكتشاف قوانين الفطرة أو سنن الله فى الكون كما ينبغى لنا أن نسميها هو الاجتهاد فى انتزاع كل قانون من مجموعة الوقائع الصادرة عنه ، أو بعبارة أخرى من الوقائع التى هى من باب واحد ، وذلك إما **بالاستقراء** إذا كان عدد الوقائع كبيراً ، وكان القانون فى ذاته بسيطاً ، و إما **بالتلمس** إذا كان عدد الوقائع قليلاً أو كان القانون خفيا أو كان أكثر تعقيداً .

وأمثلة اكتشاف قوانين الفطرة عن طريق الاستقراء هى فى العلم كثيرة نذكر منها مثالاً واحداً . إن الكيماويين حضروا مركبات نقية كثيرة فوجدوا فى كل حالة أن المركب ، مثل ملح الطعام ، مهما اختلف مصدره أو اختلفت طريقة تحضيره يتركب دائماً من نفس العناصر متحدة مع بعضها بنفس النسب فى الوزن . فاستنتجوا أن هذا قانون طبيعى للمركبات وسموه **قانون التركيب الثابت** ونصه : كل مركب كيماوى يحتوى دائماً على نفس العناصر بنفس النسب وزناً .

أما طريقة التلمس فهى أصعب من هـذا كثيراً . و يراد بهذا الاصطلاح الاجتهاد فى الإتيان بتفسير لوقائع القبيل الواحد بحيث لا تشذ عنه فى بابه واقعة ، فاذا وفق العلماء فى اجتهادهم هذا ووصلوا إلى تعليل أو تفسير واحد لتلك الوقائع يثبت على الزمن رغم تكاثرها بالبحث والتنقيب حكموا أن ذلك التعليل أو التفسير

قريب من الحقيقة الكلية أو القانون الفطرى المنشود . إلا أنهم لا يسمون ذلك التعليل أو التفسير قانوناً فطريا إلا إذا بلغت الوقائع المفسرة به من الكثرة الكاثرة مبلغاً لا يدع مجالاً للشك فى عمومية ذلك التفسير . والطريقة العملية التى يسلكها العلم فى تلمس قوانين الفطرة من الوقائع المشاهدة تتلخص فيما يأتى :—

أولا : يؤتى **بفرض** مفصّل مقدَّر على وقائع القبيل الواحد بحيث يفسرها جميعاً .

ثانيا : يختبر هذا الفرض عمليا لينظر أصحيح هو أم غير صحيح . وهذا الاختبار ضرورى ، لأن الوقائع تكون فى الأول قليلة يجوز تفسيرها بأكثر من فرض واحد ، كما يجوز بل يغلب ألا يقع الإنسان فى أول محاولة على التفسير الصحيح . والاختبار يكون بجعل هذا الفرض الجديد مقدمة تضم إلى أى حقيقة أخرى معروفة مناسبة ، ويركب منهما قياس يؤدى إلى نتيجة جديدة بالطبع . فتختبر هذه النتيجة الجديدة بإجراء تجارب عملية يعرف بها ما إذا كانت تلك النتيجة منطبقة على الواقع أو غير منطبقة . فإذا وُجد أنها منطبقة ازداد عدد الوقائع المفسرة بالفرض واقعة ، وازداد الفرض بذلك رجحاناً . ولا يزال الفرض يختبر عن هذا الطريق حتى تبلغ الوقائع المفسرة به من الكثرة مبلغاً يجعلنا نرجح كثيراً صحة هذا الفرض فنسميه **نظرية** . ونستمر فى امتحان النظرية بنفس الطريقة حتى تبلغ الوقائع المفسرة بها من الكثرة مبلغاً يجعلنا نوقن بأنها قانون عام .

أما إذا لم تؤيد التجربة النتيجة المستنتجة من ذلك القياس الجديد ، فإن ذلك يكون دليلا على أن الفرض الجديد ليس صحيحاً فى صورته التى هو عليها ، وعندئذ يحاول العلم أن يوفق بين النتيجة الجديدة التجريبية وبين الفرض بإدخال تعديل على الفرض يجعله يشمل هذه النتيجة الجديدة ، فإن لم يمكن

هذا نبذ الفرض أو نبذت النظرية ، وجيء بفرض آخر أو بنظرية أخرى تختبر بنفس الطريقة . وواضح أن أى فرض يؤتى به يجب أن يكون قابلاً لهذا التمحيص العملى ، إذ هو الطريق الوحيد للتأكد من صحة الفرض ، كما أن من الواضح أن الفرض إذا كان قابلا للتمحيص العملى سينفع نفعه ولو بتأديته إلى اكتشاف الحقيقة الجديدة التى قد تكون سبباً فى نبذه . أما الفرض الذى لا يقبل أن يمحص عمليا عن هذا الطريق — كقول القدماء بحياة العالم الخ — فإن العلم لا يأبه به ولا ينظر فيه .

مثال يوضح طريقة التلمس العلمى لقوانين الفطرة : إن تاريخ العلم مملوء بالنظريات العلمية قائمها و باطلها ، إلا أن من الصعب اختيار مثل أو مثلين منها صالحين لتوضيح طريقة التلمس لمن لم يكن ملما بقسط مذكور من المبادئ العلمية . على أننا سنجتهد فى اختيار مثل أو مثلين ونوردهما على صورة مبسطة يكون الغرض منها أقرب إلى توضيح طريقة التلمس منه إلى تأريخ نفس النظرية المضروب بها المثل .

المثل الأول : نظرية الجسيمات الضوئية لنيوتن : كان القدماء يعرفون قدراً مذكوراً عن آثار الضوء ، لكنهم لم يكونوا يعرفون عن ماهيته شيئاً . وكانوا فى محاولاتهم الوصول إلى هذه الماهية يصدرون عن مجرد الظن ، أى الظن غير المستند إلى المشاهدة . فكان فيثاغورث وأفلاطون يقولان إن الإبصار له ثلاثة أركان : سيال إلهى يخرج من العين فيتحد أولا بضوء الشمس ثم بإشعاع يخرج من المرئى وعند هذا الاتحاد الثانى يتم الإبصار . و بعد فيثاغورث بنحو قرنين جاء أرسطو فقال بأن الضوء ليس إشعاعا ماديا يخرج من الجسم المضىء ولكنه مجرد صفة يتصف بها الوسط القائم بين العين والجسم المرئى . وهذا القول أقرب

إلى الحقيقة من الأول إلا أنه أيضاً رجم بالغيب لم يقصد به تفسير المشاهد من الوقائع المتعلقة بالضوء .

ثم جاء السير إسحاق نيوتن بعد أرسطو بنحو عشرين قرناً فى القرن السابع عشر فى مستهل العلم الحديث ، وكانت أهم الحقائق المعروفة عن الضوء تتلخص فيما يلى :—

(١) أن الضوء يسير فى مسار مستقيم فى كل وسط متجانس كالهواء أو الماء أو الزجاج .

(٢) أن الشعاع إذا سقط على سطح مصقول انعكس عنه بحيث يكون الشعاع الساقط والشعاعُ المنعكس والعمودُ على السطح من نقطة الانعكاس كلها فى مستو واحد .

(٣) أن الزاوية بين الشعاع الساقط والعمود على السطح ، وتسمى زاوية السقوط ، تكون مساوية دائماً للزاوية بين الشعاع المنعكس والعمود ، وتسمى زاوية الانعكاس . أى أن العمود ينصف الزاوية بين الشعاعين .

(٤) أن الضوء إذا خرج من وسط متجانس شفاف ، كالهواء ، إلى آخر متجانس شفاف كالماء أو الزجاج انكسر .

(٥) أن الشعاع قبل انكساره ومسارَه بعد الانكسار والعمودَ على السطح من نقطة الانكسار تكون كلها فى مستو واحد .

(٦) أن الزاوية بين الشعاع والعمود بعد الانكسار تقل أو تزيد بنسبة مخصوصة عنها قبل الانكسار حسب كون الوسط الخارج منه الشعاع أخف أو أكثف من الوسط الداخل فيه الشعاع .

أى أن الضوء ينكسر **نحو العمود** فى **الوسط الأكثف وبعيدا عن** العمود فى **الوسط الأخف** .

(٧) أن هناك دائماً ، لكل وسطين شفافين ، علاقة ثابتة بين زاويتي السقوط والانكسار (أى الزاويتين الواقعتين بين العمود الممتد و بين الشعاع قبل الانكسار والشعاع بعد الانكسار) .

هذه هى الوقائع التى كان يراد تفسيرها ، فجاء نيوتن لها بتفسير وجاء هيْفن لها بتفسير . فأما نيوتن فافترض أن الضوء عبارة عن جسيمات لطيفة جدًّا تامة المرونة يقذف بها الجسم المضىء . فإذا دخلت العين أبصر الإنسان الجسم الصادرة عنه ، سواء أكان مضيئاً بنفسه أم مضيئاً بالانعكاس . ولقد فسر نيوتن بفرضه هذا استقامة مسار الضوء وخواص الضوء فى الانعكاس من غير أن يجد فى ذلك صعوبة ؛ فأما استقامة مسار الضوء فلأن الجسم المتحرك لايغير اتجاه حركته إلا بمغيِّر كما هو معروف وكما سيوضح بعدُ ؛ أى أنه يظل متحركاً فى نفس الاتجاه حتى يحرفه عنه حارف . وأما الانعكاس فإن جسيمات الضوء النيوتنية ترتد عن السطح العاكس إذا توفرت فيه بعض الشروط من الانصقال ونحوه كما ترتد كرة البليارد إذا أصابت جدار منضدته ، ومن المشاهد أن الكرة ترتد بحيث يصنع مسارها قبل الارتداد و بعده زاويتين متساويتين مع العمود على الجدار من نقطة التماس . أما إذا أصابت الكرة جدار المنضدة عمودية عليه فإنها ترتد عنه عمودية عليه أيضاً من غير أن يتغير المسار كما يحدث بالضبط فى حالة الضوء على فرض نيوتن و إن حدث ذلك فى حالة الضوء على صورة أكمل كثيراً منها فى حالة البليارد .

أما فى حالة الانكسار فقد اضطر نيوتن إلى أن يفرض انجذاباً بين جسيمات الضوء والجسم الشفاف الأكثف الذى سينفذ فيه حتى يستطيع تفسير هذا النفوذ من ناحية وانكسار الضوء نحو العمود من ناحية أخرى . ولكن هذا يؤدى إلى أن سرعة الضوء تزيد فى الجسم الأكثف عنها فى الجسم الأقل كثافة ، لأن جذب الجسم الشفاف لجسيمات الضوء قوة تزيد بالطبع فى سرعة تلك الجسيمات ؛ أى أن

هذا الفرض يؤدى إلى أن سرعة الضوء فى الماء مثلاً أكبر منها فى الهواء ، وهى نتيجة لم تكن معروفة قبل نيوتن فهل يا ترى هى منطبقة على الواقع ؟ وبالجملة فإن نيوتن استطاع بفرضه ذلك تفسير جميع تلك الوقائع المذكورة آنفاً . وهـذا كان كافياً لرفع فرض نيوتن من مرتبة الفروض إلى مرتبة النظريات .

المثل الثانى : النظرية الموجية الضوئية : لكن هيغن استطاع أيضاً أن يفسر نفس تلك الوقائع ، وإن بغير تلك السهولة ، بأن فرض أن الضوء مويجات لا جسيمات . وليس هذا موضع تلخيص طريقته فى تفسير تلك الوقائع على هـذا الفرض ، فإنه يحتاج إلى قدر مذكور من الرياضة ؛ وإنما نكتفى بأن نذكر هنا أن النظرية الموجية تؤدى إلى عكس ما تؤدى إليـه النظرية الجسيمية عن سرعة الضوء فى الأجسام الشفافة . فنسبة سرعة الضوء فى الماء مثلاً إلى سرعته فى الهواء عدد كسرى محدود أكبر من واحد وأقل من اثنين حسب النظرية الجسيمية ، وعكس هذا المقدار بالضبط حسب النظرية الموجية . فأى النتيجتين أكثر انطباقاً على الواقع ؟ وأى النظريتين أصدق ؟ إذ من المستحيل أن تصدُق النظريتان فيما تنبأتا به فى هذا الموضوع .

لم يكن من الممكن فى الأول الحكم بين النظريتين لأنه لم تكن هناك طريقة عملية لقياس سرعة الضوء فى الماء والهواء . فلما ابتدع فوكو طريقة مضبوطة لذلك وقيست السرعتان وحُسبت النسبة بينهما وجد أنهما بالضبط كما تنبأ هيغن وعكس ما تنبأ به نيوتن ، فنبذت النظرية الجسيمية وظلت النظرية الموجية فائزة فى الميدان إلى الآن ، لا يشك أحد لكثرة ما فسرت من خصائص الضوء العويصة أنها بالفعل تمثل حقيقة الضوء وإن كانوا لا يزالون يسمونها **النظرية** الموجيـة الضوئية لا **القانون** الموجى الضوئى .

* * *

وبعد فقد رأيت مثلاً من طريقة العلم فى تعرُّف أسرار الفطرة والاهتداء الى سنن الله فى الكون ، وتبينت كيف أن هذه الطريقة تضمن الوصول إلى الحق فى القريب أو البعيد وإن استعانت على ذلك بفرض الفروض . لكن لا خوف قط على الحقيقة من هذه الفروض ما دام العلم يطبق فروضه على الواقع ويمحصها بالتجربة والاختبار . فهذه الطريقة فى الواقع هى طريقة العلم فى الاجتهاد ، وبينها وبين طريقة اجتهاد المجتهدين فى الدين وجه شبَه مهم هو أن رجال العلم يستوحون الحقيقة من صنع الله ، ورجال الدين يستوحون الحقيقة من كلام الله وحديث رسوله . فكلٌّ فى الحقيقة مرجعه إلى الله وإن لم يصل رجال العلم بعد إلى الله . كل فى حكم الدين نفسه مرجعه إلى الله إذ أن هذه الحقائق الطبيعية التى يكشف عنها العلم ببحوثه إن هى إلا نوع من كلمات الله ، أو هى كلمات الله الواقعة النافذة كما أن آيات القرآن هى كلمات الله الصادقة المنزلة . ولقد سمّى القرآنُ حقائق أسرار الخلق كلماتٍ لله فى مثل قوله تعالى : (ولو أن ما فى الأرض من شجرةٍ أقلامٌ والبحر يمده من بعده سبعةُ أبحُرٍ ما نفِدت كلمات الله) — لقمان . (قل لو كان البحر مدادا لكلمات ربى لنفِد البحر قبل أن تنفَد كلمات ربى ، ولو جئنا بمثله مددا) — الكهف . وكلمات الله فى هاتين الآيتين الكريمتين لا يمكن أن تكون كلماته المنزلة على رسله ، لأن كلماته سبحانه فى كتبه المنزلة محصورة محدودة ، فى حين أن كلماته المشار إليها فى هاتين الآيتين لا حصر لها ولا نهاية . فلا بد أن تكون هى كلماته النافذة فى خلقه والتى يبدو أثرها متجسما فيما نشاهد من الحوادث وفيما يكشف العلم من أسرار الكون . فالإسلام متَّسِع للعلم كله حقائقه وفروضه ، والمجتهد مثاب أخطأ أم أصاب ما دام يريد وجه الحق ، وإن كان العلم لا يعرف إلى الآن أن سبيل الحق من سبيل الله .

الباب الثانى

المـادة

تمهيد :

الأشياء الموجودة فى الـكون الذى نعيش فيه ويمكن أن نشهدها أو نحسها ، إذا استثنينا منها النفس ، تنقسم إلى أجسام وغير أجسام ، أو كما كان يقول المتقدمون إلى جواهر وأعراض . فالأجسام أمثلتهـا كثيرة معروفة تشترك بينها ، فيما تشترك ، فى : —

(١) أن كلاًّ منها يشغل حيزاً من الفراغ ، ومقدار هذا الحيز يسمى حجم الجسم .

(٢) أن كلاًّ منها له وزن يحس إما باليد إن كان مذكوراً ، وإما بالميزان الحساس إن كان غير مذكور .

ولمـا كانت الأجسام كلها مهما اختلف نوعها تشترك فى هاتين الخاصتين دل ذلك على أنهما خاصتان **للمادة** المخلوقة منهـا الأجسام عامة لا لنوع خاص من الأجسام .

والفرق بين المادة والجسم إن أريد التفريق بينهما أن الجسم نوع من المادة ، وقد يُعرّف أيضاً بأنه جزء محدود من المـادة . ويسمى مقدار المادة فى جسم ما بكتلة الجسم .

وغير الأجسام ، أو الأشياء غير الجسمية الموجودة فى الـكون ، مثالها الحرارة

والضوء والكهرباء والمغناطيسية والصوت والحركة على العموم . هذه كلها ليس لها حجم ولا وزن ، فهى لا تشغل حيزاً من الفراغ ولا تحس بالميزان الذى توزن به الأجسام وإن دق . فالجسم الحار مثلاً يمكن أن يوزن بميزان دقيق فى صندوق زجاجى محكم مغلق مفرّغ الهواء فلا تجد فرقاً بين وزنه وهو حار ووزنه وهو بارد . ولو كان للحرارة وزن لكان وزنه وهو حار أكبر من وزنه وهو بارد . ومثل ذلك فقل فى الجسم المكهرب ، والحديد المغنطس .

هذه الأشياء غير الجسمية التى عددنا بعضها والتى لا تقوم بنفسها وإنما تقوم دائماً بغيرها تسمى غير مادة أو **طاقة** . وقد سميت طاقة لأن بها تعمل الأعمال وبدونها لا يعمل عمل . فالآلات مثلاً التى يسخرها الإنسان فى بعض أعماله لا يمكن أن تقوم بشىء من تلك الأعمال إلا باستنفاد نوع أو أكثر من أنواع الطاقة . فلولا الحرارة مثلاً المتولدة من احتراق الفحم ما سار القطار ، ولولا الكهرباء السارية فى الترام من الأسلاك ما سار الترام ، ولولا الطعام المحترق ببطء فى جسم الإنسان والحيوان ما استطاع الإنسان ولا الحيوان أن يقوم بأعماله التى يقوم بها .

تلازم المادة والطاقة : هذان الشيئان أى المادة والطاقة فى صورهما المختلفة متلازمان لا ينفكان ، فلسنا نشاهد مادة خالية من طاقة ولا طاقة مجردة عن مادة . فكل جسم نلقاه نجد به حرارة مثلاً بدليل أنه يمكن تبريده ولو كان غير حار الملمس .

وتلازم المادة والطاقة هذا يقابل ما كان يسميه الأقدمون بتلازم الجواهر والأعراض ، وإن لم يفهم الأقدمون من الأعراض ما نفهم الآن من الطاقة . لذلك كانت أنواع الطاقة كلها لا تقوم بنفسها بل لابد لها من شىء تقوم به

فالصوت مثلاً يقوم بالهواء أكثر مايقوم ، فهو ينتقل فى الهواء لكنه أيضاً ينتقل فى السوائل وفى الأجسام الصلبة .

والضوء أيضاً لا بد له من شىء يقوم به وحامل يحمله ، ولكن هذا الحامل أو الجوهر الذى يقوم به الضوء ليس هو الهواء ، بدليل أننا إذا فرغنا إناء زجاجيا من الهواء ظل داخل الزجاج بادياً للعيان ، ولو كان الهواء هو حامل الضوء لأظلم داخل الإناء بالتدريج كلما اشتددنا فى التفريغ . فى حين أننا لو وضعنا داخل الإناء جرساً كهربائيًّا وجعلناه يدق قبيل شروعنا فى تفريغ الهواء ، فإن صوت الجرس يخفت بالتدريج كلما قل الهواء داخل الإناء حتى يأتى وقت لا نسمع فيه للجرس دقًّا ، وإن رأيناه داخل الإناء يضرب . على أن الطبقة الهوائية الجوية محدودة الارتفاع لا يكاد أقصى ارتفاعها يزيد على عشرات الأميال ، والمسافة بيننا وبين النيِّرَات كالشمس مثلاً تعد بملايين من الأميال كثيرة ، فما الذى يحمل الضوء من الشمس مثلاً إلينا فى تلك الملايين الخالية من الهواء ؟ لا بد من وجود شىء غير الهواء يحمل الضوء إلينا من الكواكب ما دام الضوء كما قلنا ليس بمادة ولكنه طاقة ، وليس بجوهر ولكنه عرض . هذا الشىء الذى استنتجوا وجوده منبثًّا فى الكون يسمونه **الأثير** . وكما يحمل الأثير أمواج الضوء يحمل أمواج الحرارة وأمواج الكهربائية التى منها أمواج الرَّديو .

الفصل الأول

خواص المادة

ذكرنا أن من أخص خواص المادة الوزن ، لكن الوزن فرع من خاصة عامة ألا وهى الجاذبية ، فلننظر فيها إذن قبل أن ننظر فيه .

١ — الجاذبية

المادة كلها تجاذب : هذه هى الخاصة العامة التى اكتشفها نيوتن فى المادة فى القرن السابع عشر . لقد شاهد الناس قبله الأجسام من جامدة وسائلة تسقط نحو الأرض لكن لعله كان أول من فسر ذلك بجذب الأرض لتلك الأجسام . لكن لماذا تجذب الأرض ما على سطحها ولا تجذب غيرها من الأجرام العلوية ؟ سأل نيوتن نفسه هذا السؤال ، ونظر فى أمر القمر والأرض فوجد بالحساب أن القمر منجذب إلى الأرض انجذاب ما على سطحها إليها ، وأن ما هنالك من فرق بين الانجذابين راجع إلى ما بين القمر والأرض من مسافة ، وأن انجذاب القمر إلى الأرض هو سر دورانه حولها . وقبل نيوتن أثبت كَبَرْنيق أن الأرض تدور حول الشمس وأن السيارات تدور حول الشمس كذلك ، لكنه كان يظن أنها تدور حول الشمس فى دوائر حتى جاء كِبْلَر فأثبت أنها تدور حول الشمس بصورة مخصوصة فى قطاعات ناقصة ، أى فى مدارات بيضاوية الشمسُ فى مركز خاص داخلها . فلما جاء نيوتن أثبت بالحساب أن تلك الصورة المخصوصة التى تدور بها السيارات ، ومنها الأرض ، حول الشمس لا يمكن أن تكون إلا إذا كان بين الشمس والسيار تجاذب مخصوص على الخط الموصل بين مركزيهما . أى أنه

اثبت بحقائق الفلك انجذاب الأرض و بقية السيارات إلى الشمس ، كما أثبت انجذاب القمر إلى الأرض ، بقوة خاصة متوقفة على مقدار ما فى الكوكبين المتجاذبين من مادة وعلى مقدار المسافة التى بينهما . ثم نظر فى الجاذبية هذه أهى خاصة بالأجسام الكبيرة أم تكون بين الأجسام الصغيرة أيضاً فتكون من خواص المادة نفسها لا من خواص الكتل الكبيرة منها ، فانتهى به النظر الحسابى الدقيق إلى الحقائق العامة الآتية : —

أولا : أن الأجسام كلها ، صغيرة أو كبيرة ، تتجاذب ، أى أن **المادة تجذب المادة** .

ثانيا : أن قوة الجذب بين جسمين المسافةُ بينهما ثابتة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتى الجسمين .

ومعنى ذلك أنه إذا ضوعفت كتلة أحدهما فقط تضاعفت قوة تجاذبهما : فإذا ضوعفت كتلة الآخر أيضاً صارت قوة تجاذبهما أربعة أمثال ما كانت عليه أولاً ؛ فإذا ضوعفت كتلة أحدهما ونصفت كتلة الآخر لم تتغير قوة تجاذبهما عما كانت عليه فى الأول وإن تغير أثرها فى كل منهما ، لأن أثر قوةٍ فى جسم متوقف على كتلة ذلك الجسم .

ثالثا : أن قوة التجاذب بين جسمين ثابتى الكتلة تتناسب مع عكس مربع المسافة بينهما .

أى أنها تزداد أو تنقص بقدر ازدياد أو نقص ، لا عكس المسافة بينهما ، ولكن عكس مربع المسافة . فإذا ضوعفت المسافة بينهما مثلاً نقصت قوة تجاذبهما لا إلى عكس اثنين ، أى نصف ما كانت عليه ، ولكن إلى عكس مربع اثنين ، أى إلى الربع . وإذا صارت المسافة ثلاثة أمثالها قبلُ نقص التجاذب

بين الجسمين لا إلى الثلث ولـكن إلى التُسع . أما إذا نقصت المسافة بين الجسمين إلى نصف ما كانت عليه فإن قوة التجاذب بينهما تزداد ، لا إلى عكس النصف ، أى الضعف ، ولـكن إلى عكس مربع النصف ، أى إلى أربعة أمثال ما كانت عليه . وإذا نقصت المسافة إلى الثلث فإن التجاذب بين الجسمين يزداد إلى تسعة أمثال ما كان عليه ، وهلم جرا .

أى أنه وجد أن :—

قوة التجاذب بين جسمين **تتناسب مع** $\frac{\text{كتلة الأول} \times \text{كتلة الثانى}}{\text{مربع المسافة بينهما}}$

وهذا هو **قانون الجاذبية** الشهير لنيوتن .

وقد أثبت العلماء هذا القانون **عمليا** بتجارب أجروها على أربع كرات معدنية مختلفة فى النوع والكتلة ، مدلاة فى مستو واحد بأسلاك رفيعة من سقف شبه غرفة صغيرة محكمة فلا تدخلها التيارات الهوائية . وكان كل كرتين مدليتين من طرفى قضيب معدنى يمكن إدارته من وسطه من خارج الغرفة ، وكان القضيبان متعارضين على شبه علامة + بحيث كان من الممكن تقريب أىّ زوجى الكرات من الآخر أو إبعاده عنه بتدوير أحد القضيبين حول نقطة المنتصف . وكان فى جانبى الغرفة منظاران مُقرِّبان بحيث تمكن بهما مراقبة مواقع الكرات فى جو الغرفة . فكان مُجرى التجربة بعد أن يرصد الكرات فى موقع يدنى أو يبعد اثنتين منهما من الأخريين ، ثم يرصد الموقع مرة أخرى بعد استقرار الكرات ، ويقدِّر فى كل موقع مقدار اللىّ الذى يحدثه فى سلك كل كرة تقريبُ الأخرى منها أو إبعادها عنها . ومن تقدير قوى اللىّ الحادث فى الأسلاك كانوا يحسبون قوى التجاذب الواقع بين الكرات المتقاربة . وقد كان إجراؤهم تلك التجارب من خارج الغرفة احتياطاً مما عسى أن يدخله وجود الإنسان فى الغرفة من أغلاط .

وقد أدت أمثال هذه التجارب الكثيرة الدقيقة إلى تحقيق قانون الجاذبية تحقيقاً تاما ، ليس فقط من الناحية الكيفية ولكن من الناحية الكمية . وأدى تطبيقه على حركات بعض الكواكب إلى معرفة كثير من الحقائق عنها لم تكن تعرف لولا ذلك القانون ، مثل تقدير كتل بعضها بالنسبة لبعض ، وتقدير كثافات بعضها بالنسبة لبعض ، وما إلى ذلك .

أهمية الجاذبية فى الكون : تجاذب المادة حقيقة واقعة ثبتت بالتجربة والمشاهدة الصحيحة كما رأيت . أما كيفية التجاذب وعلته فأمر يجهله العلم . فالعلماء الطبيعيون يعرفون أن الأجسام تتجاذب طبق القانون السابق لكنهم لا يعرفون حقيقة هذه الجاذبية ، ولا كيف نشأت ، ولا كيف تقع . لكن جهلنا بعلتها أو حقيقتها لا يمنعنا من تقدير أهميتها العظمى فى الكون .

أهميتها فى الأرض : إن الإنسان لا يكاد يستطيع أن يتصور كيف كانت تكون الحياة على الأرض لو لم تكن هناك جاذبية بين الأرض و بين ما عليها ، فإن كل شيء على الأرض متأثر بجذب الأرض إياه . فلولا الجاذبية ما كان للأجسام على الأرض ثقل ولا وزن ، ولطارت هذه الأجسام عن الأرض بالحركة كل مطار ثم لم تعد بعد إليها . فلولا جذب الأرض الهواء الجوى مثلاً لفارقها لشدة حركة جزئياته ، ولصارت الأرض فى النهاية لا هواء فيها ولا جو لها ، كالقمر الذى فارقه جوه بالتدريج لصغر كتلته وضعف جاذبيته بالتبع عن الاحتفاظ بالجو الذى كان له فى القديم ، ولانعدمت الحياة على سطح الأرض بانعدام الهواء كما قد انعدمت على سطح القمر .

وجذب الأرض هو الذى ينزل الله به المطر من السحاب و إلا لبقى السحاب معلقاً مهما كبرت قطرات مائه ، أو بالأحرى لما عاد الماء إلى الأرض أبداً بعد

أن يفارقها متبخراً بحرارة الشمس ، ولفارقها بخاراً مع الهواء ، ولجفت جميع المياه من على الأرض فى النهاية فلا يكون عليها بحر ولا نهر ، ولانعدمت فيها الحياة بانعدام الماء .

والجاذبية . أو بالأحرى جذب الأرض ما عليها من الأجسام نحو مركزها . هى القوة التى يجرى الله سبحانه بها الأنهار سيلاً من أعالى الجبال فى الأول فلا تزال تهبط اقتراباً من مركز الأرض من منحدر إلى منحدر ، طوراً منحدرة بضعف فى السهول وطوراً منحدرة بقوة من الشلالات ومساقط المياه . ولا تزال المياه تسيل هكذا حتى ينتهى بها المسير إلى أقرب مواطن سطح الأرض من مركز الأرض ، ألا وهو سطح البحر . والإنسان كثيراً ما يستغل قوة اندفاع المياه بفعل الجاذبية من علو إلى سُفْل عند المساقط والشلالات بل ومن عيون الخزانات ، فيجعل الماء المندفع يحرك له آلات يعرضها فى طريقه فتحوّل له حركة المياه إلى كهرباء ، كما يحدث ذلك بالفعل عند مساقط نياجارا ، وكما يراد أن يصنع ذلك فى مياه خزان أسوان .

وكما سخر الله سبحانه الجاذبيــة للإنسان فى إجراء الأنهار تسير الهوينى أو غير الهوينى إلى سطح البحر ، سخرها له أيضاً فى كبح جماح البحر ومنعه أن يطغى بمائه الأجاج على النهر أو على اليابسة ، فهى دائماً تحبسه فى مستقره الذى هو ، كما قلنا من قبل ، أقرب مواطن سطح الأرض إلى مركز الأرض : فالبحر لا يستطيع أن يفارق مستقره ذلك إلا بقوة أخرى تغلِب قوة الجاذبية عليه ، وهيهات . فكأنما البحر ملجم بالجاذبية أن يهجم على اليابسة من الأرض ، كلما همّ بالهجوم بفعل المد أو الريح أو حركة الأرض جذبته قدرة الله بلجام الجاذبية من خلف فيعود إلى موطنه الذى كتب عليه أن يبقى مقيداً بقيد الجاذبية فيه . ولقد منّ الله سبحانه على الإنسان بهذا حين منّ عليــه بحجْره بين البحرين ، أو بين

البحر والنهر ، فى قوله سبحانه من سورة الفرقان (وهو الذى مَرَجَ البحرين ، هذا عذبٌ فراتٌ وهذا ملحٌ أُجاجٌ ، وجعل بينهما برزخاً وحِجْراً محجورا) . وليس ذلك البرزخ والله أعلم إلا ارتفاع ما بين سطح البحر وسطح اليابسة التى يجرى فيها النهر ، وليس ذلك الحِجْر المحجور والله أعلم إلا الجاذبيةَ بين البحر ومركز الأرض وحبْسَها البحر فى موطنه . ولقد من الله على الإنسان بذلك مرة أخرى ، وعاب عليه وعجب منه كيف يشرك مع الله إلهاً آخر رغم ذلك ، فى قوله سبحانه من سورة النمل (أمَّن جَعل الأرض قراراً ، وجعل خلالها أنهاراً ، وجعل لها رواسىَ ، وجعل بين البحرين حاجزا ؟ أإلهٌ مع الله ؟ بل أكثرهم لا يعلمون) . فتفهَّم هذه الآية الكريمة فى ضوء ما ذكرناه لك وتأمل تعقيبه سبحانه بقوله : (بل أكثرهم **لا يعلمون**) تعلمْ أن ذلك العلم من هذا الدين ، وأن هذا القرآن لم يأت إلا من عند خالق الفطرة ، وأنه لا غنى للمسلم عن علم الفطرة إن كان يريد حقا أن يفهم شيئاً من سر الآيات الكونية فى القرآن .

أهمية الجاذبية فى السماء : على أن أهمية الجاذبية فى الكون أعظم من هذا بكثير . فإن الجاذبية كما قد عرفنا ، ليست بين الأرض وما عليها فقط ، بل بين الأرض وما عداها من الكواكب ، ثم هى أيضاً بين كل كوكب وما عداه . فكل كوكب فى ملكوت الله يجذب كل كوكب آخر طبق سنة الجاذبية السابق ذكرها ، أى بقوة تتناسب مع حاصل ضرب كتلتى الكوكبين مقسوماً على مربع المسافة بينهما . وناتج كل هذه القوى الواقعة على الكوكب قوةٌ واحدة يمسكه الله بها فى مداره أو فلكه ، أو فى موقعه الذى هو فيه إذا كان النجم من الثوابت .

فالجاذبية إذن على قدر علم الإنسان إلى الآن هى القوة التى يمسك الله بها سبحانه السموات والأرض فى مواقعها التى قدرها لها ، أو هـذا إن شئت هو

ما أدركه الإنسان إلى الآن من سر قوله تعالى من سورة فاطر : (إن الله يمسك السموات والأرض أن تزولا ، ولئن زالتا إن أمسكهما من أحد من بعده)

وفى قوله تعالى : (الله الذى رفع السموات بغير عَمَدٍ ترونها) وما يشبهها من آيات القرآن الكريم إشارة إلى قوى الجاذبية الخافية التى هى بعد تقدير الله لها سبب بقاء أجرام السماء فى أماكنها ومداراتها المقدّرة لها . فإنه إذا فهم من قوله تعالى : (بغير عمد ترونها) أن السموات مرفوعة بعمدٍ غير مرئية ، كما هو ظاهر الآية ، كانت تلك العمد غير المرئية هى قوى الجاذبية بين بعض الكواكب وبعض ، لأن العمد المعروفة المادية تؤثر أثرها وتحمل أحمالها بإرسال قوًى أو ضغوطٍ تساوى وتضاد ضغوط الأبنية عليها ، كما هو صريح علم القوى ، وكما يحصل بالضبط بين الكواكب المتجاذبة . فإذا عجزت العمد عن أن تكون ضغوطها المضادة لضغوط المحمولات عليها مساويةً لهذه الضغوط تكسرت الأعمدة والجدران أو تشققت ، ويكون البناء أقرب إلى التداعى بقدر ما بين ضغوط الأعمدة وضغوط الأحمال من فروق . ففى حالة الأعمدة وما تحمل يوجد **تضاغط** واتزان ، كما أن هناك بين الأجرام السماوية **تجاذب** وتوازن ، وإن اختلف مدى التوازن ونوعه فى الحالين . وينبغى أن نتذكر أيضاً أن الأعمدة ضاغطة ، وليست هى بداهة نفس الضغوط الخارجة منها ، وأن هذه الضغوط المقاومة لثقل الأبنية غيرُ مرئية وإن رأينا الضاغط من عمود أو جدار . كذلك قوى التجاذب بين أجرام السماء غير مرئية وإن رأينا أجرام السماء . فالتعبير بالعمد غير المرئية عن القوى التى رفع الله بها السموات هو أدق تعبير وأبلغه فى الخطاب ، يفهم كل منه بقدر ما رزقه الله من الفهم والعلم (وتلك الأمثال نضربها للناس وما يعقلها إلا العالمون) العنكبوت

فقانون الجاذبية هو مفتاح فهم أمثال الآيتين السابقتين من كتاب الله عز وجل ، إلا أن الإشارة إلى القانون فى تلك الآيات الكريمة إشارة عامة من

ناحية الوصفية . لكن فى القرآن الكريم آية تشير إليه إشارة خاصة من ناحيته الكمية الحسابية ، ألا وهى قوله تعالى من سورة الواقعة : (فلا أقسم بمواقع النجوم ؛ وإنه لقسم لو تعلمون عظيم) فإن فى هذه الآية الكريمة إشارة واضحة إلى أثر المسافة فى قوى التجاذب أو فى قوى الجاذبية بين الأجرام السماوية ؛ فإن المسافات بين النجوم هى المسافات بين مواقعها ، وتقدير الخالق سبحانه مواقع النجوم وأجرامها بحيث يكون أثر المسافات بينها فى قوى تجاذبها متناسباً مع ما أراد الله لها من حركة ونظام — هذا التقدير آية من آيات الله فى الكون ، وسرٌّ من أعظم أسرار خلقه ، وإليه من غير شك يرجع بعض سر قوله تعالى : (لخلق السموات والأرض أكبر من خلق الناس . ولكن أكثر الناس لا يعلمون) . وإلى عظمة هذه الآية وهذا السر نبه الله سبحانه الإنسان بقوله : (وإنه لقسم **لو تعلمون** عظيم) ، وقد منّ الله على الإنسان ومكنه من النظر حتى علم من هذا ما هو دليل عجيب على وجود الله وقدرته ووحدانيته ، فإن تقدير كتل النجوم والمسافات بينها على كثرتها الكاثرة ، بحيث تكون نتيجة قوى التجاذب الواقعة على **كل** نجمٍ هى سَبْح ذلك النجم فى فلكه إن كان من السوابح ، أو ثبوته إن كان من الثوابت — هذا التقدير يستحيل بداهة وعلماً أن يكون قد وقع اعتباطاً بالمصادفة ، ولكن لابد أن يكون وقع بتقدير إله عليم حكيم قادر : (وهو الذى فى السماء إلٰهٌ وفى الأرض إلٰهٌ وهو الحكيم العليم . وتبارك الذى له ملك السموات والأرض وما بينهما ، وعنده علم الساعة وإليه ترجعون) .

٢ — الوزن

الوزن خاصة عامة من خواص المادة ، فما من مادة إلا ولها وزن . وهو فرع عن خاصة الجاذبية لأنه عبارة عن مقدار جذب الأرض للجسم . أما مقدار

المادة نفسها التى فى الجسم فيسمى كتلة الجسم كما قد ذكرنا قبل . والفرق بين هذين ، أى بين الكتلة والوزن ، هو الفرق بين المجذوب والجذب ، والمشدود والشد .

ولما كان الوزن عبارة عن تجاذب بين الأرض والجسم كان متوقفاً على كتلتى المتجاذبين وعلى المسافة بينهما . فالأجسام كلما بعدت عن الأرض قلّ وزنها بقلة قوة جذب الأرض لها ، وكلما قربت من مركز الأرض ، كما يحدث فى جوف منجم ، زاد وزنها بزيادة جذب الأرض لها ، لكن مقدار المادة فى الجسم الموزون واحد فى كل هذه الأحوال ، أى أن أوزان الأجسام ممكن أن تتغير فى حين أن كتلتها تظل ثابتة .

العلاقة بين الكتلة والوزن : لكن الأجسام إذا كانت على مسافة واحدة من مركز الأرض تجذبها الأرض بقوى متناسبة مع كتل تلك الأجسام . وهذا ينتج بسهولة من قانون الجاذبية السابق ، إذ المسافة فى هذه الحالة تكون ثابتة ، وكتلة الأرض أيضاً ثابتة ، فلم يبق إلا كتلة الجسم يتغير الوزن بتغيرها . فإذا كانت كتلة جسم مثلاً ضعف كتلة جسم آخر كان مقدار جذب الأرض له ضعف مقدار جذب الأرض للآخر . وهذا معقول ولو لم نعرف قانون الجاذبية إلا من ناحيته الوصفية ، إذ من الممكن تصور الجسم الأكبر منقسما إلى قسمين كل منهما يساوى الأصغر ، أى كل منهما واقع عليه من الأرض جذب يساوى الواقع على الجسم الأصغر ، ويكون إذن من الواضح أن مجموع الجذب الواقع على الأكبر ضعف الجذب الواقع على الأصغر ؛ أى أن وزن الأكبر يكون فى هذه الحالة ضعف وزن الأصغر ؛ وقد يكون ثلاثة أمثاله إذا كانت كتلته ثلاثة أمثال كتلة الآخر ، وهلم جرا . وهذا هو معنى قولنا إن قوى جذب الأرض

الأجسام ، أى أوزانها ، **تتناسب مع** كتلها إذا كانت على مسافة واحدة من مركز الأرض .

إذن فمن الممكن المقارنة بين كتل الأجسام بالمقارنة بين قوى جذب الأرض لها على مسافة واحدة من مركز الأرض ، كما هو الحال إذا حدثت المقارنة فى بقعة واحدة من سطح الأرض . فإذا وجدنا الأرض تجذب جسمين على سطحها بقوة واحدة كان هذان الجسمان متساويين فى الكتلة . وهذا هو الذى نعمله بالفعل بواسطة الميزان . فالميزان فى الواقع هو آلة المقارنة بين قوى جذب الأرض للأجسام ، ومن نتيجة هذه المقارنة نستنتج كتل الأجسام إذا اتفقنا على كتلة خاصة نتخذها وحدة للكتل وننسب غيرها إليها ، مثل كتلة الجرام أو الرطل أو الأقة أو القنطار .

الموازين

الميزان ذو الكفتين : فيه نقطة الارتكاز أو نقطة الرفع فى وسط عاتق الميزان . أى أن نقطتى تعليق الكفتين متساويتا البعد من نقطة الارتكاز أو الرفع . فإذا تساوت كتلتا الكفتين وما إليهما عن جانبى نقطة الارتكاز تساوى جذب الأرض لها واعتدل الميزان . لكن إذا زادت كتلة أحد الجانبين على كتلة الجانب الآخر رجحت الأولى وشالت الأخرى . فإذا وضعنا فى الكفتين المتعادلتين كتلتين متساويتين ظل الميزان معتدلاً عند الاستقرار لتساوى جذب الأرض للجانبين . وبالعكس إذا عادلنا بين جسمين فى كفتى الميزان استنتجنا أن الجسمين متساويان فى الكتلة ، أى أن كمية المادة فى أحدهما ككمية المادة فى الآخر وإن اختلف نوع المادة . هذا هو سر استعمال الميزان ذى الكفتين فى تقدير كتل الأجسام فى البيع والشراء بالمعادلة بينها

و بين الصنج من حيث جذب الأرض لكلٍّ .

ميزان القبان : وهناك من الموازين ما لا يتساوى فيه بُعد القوتين عن نقطة الارتكاز ، أى ما لا تكون نقطة الارتكاز أو الرفع فيه فى وسط العاتق . وفى هذه الحالة يمكن لجسم صغير أن يوازن جسماً أكبر معلقاً فى طرف الذراع الأقصر وذلك بوضع الجسم الصغير على بُعد مناسب من نقطة الارتكاز ، لأن وزن الجسم مضروباً فى بعده عن نقطة الارتكاز يساوى وزن معادِله مضروباً فى بعده عن نقطة الارتكاز .

وفى أمثال هذه الموازين يوضع الوزن عادة فى جانب الذراع الأقصر على بُعد ثابت من نقطة الارتكاز ثم يعادَل بتحريك كتلة أو كتل ووضعها فى نقط على الذراع الأطول المدرَّج حتى يحصل التوازن . وتدريج الذراع الأطول معناه تقسيمه إلى نقط وأقسام محفورة فيه بحيث تعلم القوى المقابلة لوزن الجسم المتحرك (الرمانة) فى أوضاعه المختلفة على الذراع الطويل .

الميزان الزنبركى أو الميزان ذو الكفة : لكن الميزان المسمى بالميزان الزُّنْبُرُكى ليس من هذا النوع . فليس فيه قوتان متعادلتان عن جانبى نقطة رفع أو ارتكاز ، ولكن فيه تعادل بين وزن الجسم الموزون و بين قوة مقاومة الزنبرك للانبساط الناشئ من تعليق الجسم فى أحد طرفى الزنبرك المثبَّت من الطرف الآخر . فإننا إذا علقنا أجساماً مختلفة الكتل فى الزنبرك على التتابع انبسط الزنبرك انبساطات مختلفة ، فإذا كانت هذه الأجسام معلومة الكتلة أمكن تعيين مقدار الانبساط فى كل حالة بعلامات تُحفر فيما بعد فى صفيحة ثابتة الوضع على طول الميزان . أى أن من الممكن تدريج الميزان أو معايرته عند صنعه بتعيين مدى انبساط الزنبرك إذا علقت فيه الكفة أولاً ثم إذا وضع فى الكفة صنج مختلفة

المقدار متحدة الوحدة . فإذا تم تدريج الميزان أو معايرته أمكن تقدير وزن أى جسم مجهول مناسب بوضعه فى الكفة وقراءة الرقم المقابل للسان فى آخر وضع يتخذه .

فالقاعدة المبنى عليها هـذا الميزان هى أن القوى المتساوية تحدث فى زنبركه انبساطات متساوية . لكن هذه القاعدة لا تصدُق إلا فى حدودٍ تختلف باختلاف نوع الزنبرك واختلاف حالته من حيث الجدّة والبلى ، أى تختلف باختلاف مرونة الزنبرك . وسنفهم معنى هذا الاصطلاح حين ننظر فى المرونة كخاصة من خواص المـادة .

أثر المسافة فى استعمال هذه الموازين : وقد يحسن أن نتساءل أى هـذه الموازين يتأثر الوزن به بمركزنا من سطح الأرض ، الميزان ذو الكفة أم الميزان ذو الكفتين والقبان . إننا نعرف أن الوزن يختلف باختلاف بُعد الجسم عن مركز الأرض وإن لم تختلف الكتلة . والبقاع على سطح الأرض تختلف أبعادها من المركز لنقص فى كروية شكل الأرض ناشىء عن حركتها اليومية الرحَويّة حول نفسها قبل تجمد قشرتها . ومهما يكن تفسير خروج شكل الأرض عن الكروية التامة فإنها ليست تامة الكروية بالفعل كأنما ضغطت قليلاً عند القطبين فانبعجت قليلاً عند خط الاستواء . وعلى أى حال فنصف قطر الأرض الاستوائى يزيد نحو ١٣ ميلاً عن نصف قطرها القطبى ، ويقل هذا الفرق بالتدريج فيما بين خط الاستواء والقطبين ، فأى الموازين أصلح للاستعمال فى المناطق المختلفة على سطح الأرض ، أو إن شئت ، أيها أصلح للاستعمال فى جوف الأرض فى المناجم مثلاً أو فى جوّ الأرض فى الطيارات المحلّقة أو فوق الجبال ؟

إن النقص فى الوزن باختلاف البعد عن مركز الأرض يلحق الصنجات كما يلحق الموزونات ، ويلحقها بنسبة واحدة على بعد واحد ، وإذن فما يعادل رطلاً

أوأقة الخ فى الميزان ذى الـكفتين (أو ميزان القبان) كتلته فى الواقع كتلة الرطل أو الأقة الخ سواء تمت عملية الوزن على سطح الأرض أو فى جوفها . لـكن لما كان الميزان الزنبركى أو ذو الـكفة قد تمت معايرته على سطح الأرض فإنه لا يصلح للاستعمال إلا حيث عويِر ودُرِّج لأن مايزن به أقة أو كيلوجراماً على سطح الأرض فى منطقة ما يزن أقل من ذلك إذا ارتفع به عن سطح الأرض ارتفاعاً مذكوراً ، وأكثر من ذلك إذا هبط به فى جوف الأرض مهبطاً مذكوراً ، أى أن الزنبرك لا ينبسط نفس الانبساط الذى كان ينبسطه على سطح الأرض لاختلاف جذب الأرض للجسم باختلاف بعده عن مركزها . فما يزن كيلو جراماً بالميزان ذى الـكفة فى جوف منجم كتلته فى الواقع أقل من كتلة الذى يزن كيلو جراماً بنفس الميزان على سطح الأرض . صحيح أن عظم نصف قطر الأرض وهو نحو ٤٠٠٠ ميل يجعل هذه الفروق فى الوزن صغيرة إلا إذا كبرت الفروق فى البعد عن مركز الأرض ، لـكنها فروق موجودة يمكن تقديرها بالفعل بالحساب .

وينبغى أن نلاحظ أن وزن الجسم الواحد يختلف باختلاف الـكوكب الموزون على سطحه الجسم ، بفرض أن عملية الوزن على الـكوكب مستطاعة ، وعلى أى حال فالحساب يدل على أن الأجسام تزن على سطح الشمس مثلاً أكبر نحو ٢٨ مرة مما تزنه على سطح الأرض ، وتزن على سطح القمر أصغر نحو ست مرات من وزنها على الأرض ؛ وهذا بالطبع راجع إلى اختلاف الـكواكب فى الـكتلة ونصف القطر .

٣ — الحجم

المادة لها حجم كما لها وزن ، والحجم كما سبق التنبيه إليه هو مقدار الفراغ الذى يشغله الجسم ، والفراغ كما هو معروف له ثلاثة أبعاد ، طول وعرض وارتفاع .

أما قياسه فيختلف باختلاف الظروف ، فمن الأجسام ما هو هندسى الشكل منتظمهُ ، وهذا يمكن حسبان حجمه رياضيًّا ، مثل المكعب ومتوازى المستطيلات والكرة والهرم والمخروط . وفى قياس حجم هذه الأجسام يجب قياس أبعادها ، لكن من الأجسام ما لا يمكن قياس حجمه على هذه الصورة لعدم انتظام شكله كقطعة من الحجر مثلاً ، أو لانعدام شكله مثل السوائل ، وفى مثل هذه الأحوال يُحتال على معرفة الحجم بطرق تختلف أيضاً باختلاف الظروف . فالسوائل تقاس أحجامها بالمكاييل أو الأوانى المدرجة كالمخبار المدرج وما إليه . والجسم الجامد غير المنتظم إذا كان صغير الحجم بحيث يمكن إدخاله فى آنيـة منتظمة الشكل مدرجة أو غير مدرجة يمكن قياس حجمه بوضعه فى سائل معروف الحجم فى مخبار مدرج مثلاً . وقراءةِ الزيادة فى حجم السائل الناشئة عن حلول الجسم فى السائل محل السائل المرتفع ، أو بوضع مقدار من السائل فى إناء زجاجى ولو غير مدرج ، وتعليم سطح السائل بورقة مصمغة مثلاً تلصق قُبالته على سطح الزجاج ، ثم وضع الجسم فى السائل وتعليم السطح الثانى الجديد ، ثم قياس حجم ما بين العلامتين بالاستعانة بآنية مدرجة مناسبة .

وفى قياس الأحجام كما فى قياس أى شىء لا بد لنا من وحدة . ووحدة الحجوم متعددة تعدد وحدة الأطوال لأنهـا عبارة عن حجم مكعب ضلعه وحدة الأطوال . فهناك السنتيمتر المكعب ، والديسيمتر المكعب أو اللتر ، والمتر المكعب الخ . وتعدد هـــذه الوحدات يجعل الإنسان يختار من بينها ما يناسب الأحوال المختلفة فيختار السنتيمتر المكعب مثلاً فى قياس الأحجام الصغيرة ، والمتر المكعب فى قياس الأحجام الكبيرة نسبيًّا كحجم الماء الذى يمر من عيون خزان أسوان أو الماء الذى يستنفده منزل فى الشهر من شركة المياه

٤ — الكثافة

كون الجسم له وزن وله حجم لا يفرق بين نوع ونوع من المادة ، لأن الأنواع كلها لها وزن ولها حجم ، ولأن من الممكن أخذ مقدار من مادة ما له أى وزن أو أى حجم . لكن إذا أخذنا أوزاناً متساوية أو أحجاماً متساوية من المادة بدأ الاختلاف يظهر بين أنواع المادة المختلفة : تختلف الأحجام باختلاف نوع المادة إذا تساوت الأوزان ، وتختلف الأوزان إذا تساوت الأحجام . فأحجام أوزان واحدة من مواد مختلفة هى فى نفسها مختلفة ، وأوزان أحجام متساوية من المواد المختلفة هى أيضاً مختلفة . فمن الممكن إذن التمييز بين المواد المختلفة بأن نقارن بين أحجام وزن واحد منها ، أو أوزان حجم واحد منها .

وكلتا الطريقتين موجود مستعمل ، إلا أن الطريقة الأكثر شيوعاً فى تمييز أنواع المادة بعضها من بعض هى الأخيرة أى المقارنة بين أوزان حجم واحد من مختلف المواد . والحجم الواحد الذى تسهل به المقارنة هو وحدة الأحجام ، ومن بين وحدات الأحجام المتعددة اختير السنتيمتر المكعب . ووزن السنتيمتر المكعب من أى مادة بالجرامات يسمى كثافة تلك المادة لأنه يمثل كتلة سنتيمتر مكعب من تلك المادة ، فكأنه يمثل ازدحام المادة فى كل سنتيمتر مكعب منها . فالمواد المختلفة لها كثافات مختلفة كثافة الحديد (٧,٦٦ جم) غير كثافة الرصاص (١١,٢٥ جم) غير كثافة النحاس (٨,٩٢ جم) غير كثافة الماء وهلم جرا . ومن المستحسن أن نتذكر أن الجرام هو كتلة سنتيمتر مكعب من الماء عند درجة ٤ مئوية ، وكثافة الماء لا تكاد تختلف عن ذلك فى درجات الحرارة العادية .

وقياس الكثافة أمر ميسور : يؤخذ مقدار مناسب من المادة فتقدر كتلته بالجرام ويقدر حجمه بالسنتيمتر المكعب باحدى طرق قياس الأحجام ، وتقسم

الـكتلة على الحجم فيكون خارج القسمة هو عبارة عن كتلة وحدة الأحجام من تلك المادة ، أى عبارة عن كثافتها .

الوزن النوعى أو الثقل النوعى

وعندهم طريقة أخرى للمقارنة من مادة ومادة من حيث اختلافها فى الثقل عند توحد الأحجام ، وهى أن يقارنوا بين كتلة حجم من المادة وكتلة حجم مثله من مادة أخرى اتفقوا على اتخاذها معياراً . هـذه المادة المتخذة معياراً هى المـاء للجوامد والسوائل ، وغاز الادروجين أو الهواء للغازات .

والنسبة بين كتلة حجم من مادة ما وكتلة حجم مثله من المعيار (الماء مثلاً) تسمى بالوزن أو الثقل **النوعى** لتلك المادة ، وكلمة **نوعى** هنا إشارة إلى أن هذه النسبة تختلف باختلاف نوع المـادة .

والفرق بين الـكثافة والثقل النوعى أن الـكثافة كتلة ، كتلة السنتيمتر المـكعب من المـادة ، ولها تمييز ، فيقال إن كثافة الزئبق ١٣,٦٧ جرام ، وكثافة الكلوروفرم ١,٥ جرام ؛ أو أن متوسط كثافة الأرض ٥,٥ جرام . ومتوسط كثافة القمر ٣½ جرام . أما الوزن النوعى فهو نسبة بين كتلتين ، أى هو عدد لا تمييز له ، فيقال : إن الوزن النوعى الزئبق ١٣,٦ وللذهب ١٩,٤٣ وللفضة السبيك (١٠,٤٥ — ١٠,٥١) . وواضح أنه ما دامت الـكتلة تقاس فى حالتى الـكثافة والوزن النوعى بالجرام فإن الإثنين يتفقان فى النتيجة من حيث المقدار ، وإن اختلفا من حيث التمييز .

هاتان هما أهم الطرق العلمية للمقارنة بين المواد من حيث الثقل : أما الطريقة العامية فى المقارنة ، وهى أن يَرُوز [1] الإنسان المادة بيده ، فهى تنفع للمقارنة

(١) راز الشيء : جربه لينظر ما ثقله .

بين كتلتين حاضرتين أيهما أثقل لا بين نوعين من المادة أيهما أكثف فى ذاته ، إنما يُفرّق بين أنواع المادة أيهما أكثف فى ذاته بتلك الطريقة العلمية التى تقارن بين الكثافات أو بين الأوزان النوعية .

٥ — المرونة

هذه خاصة أخرى من خواص المادة ، لكن ما يفهم منها فى العلم غير ما يفهم منها فى العُرف . فعند الناس أن الجسم يكون أكثر مرونة كلما كان أكثر قابلية للتغير والتأثر بالقوى المختلفة الواقعة عليه . فقطعة من المطاط مثلاً أكثر عند الناس مرونة من قطعة من الحديد ، لكن الأمر بعكس هذا فى العلم . تكون المادة فى العلم أكثر مرونة كلما كانت أقل قابلية للتغير والتأثر بالقوى الواقعة عليها ، وكلما كانت أقدر على استرداد حالتها الأولى بعد زوال تلك القوى المؤثرة . فاذا شددنا حبلاً من المطاط مثلاً ازداد فى الطول زيادة كبيرة بقوة من الشد صغيرة ، حتى إذا زالت القوة عاد المطاط إلى حالته الأولى . فقوة صغيرة نسبيا تحدث فى المطاط تغيرا نسبيا كبيراً . لكن إذا أخذنا سلكا من الحديد وشددناه احتاج إلى قوة كبيرة لإحداث زيادة صغيرة فى طوله ، وإذا زالت تلك القوة الكبيرة عاد السلك إلى حالته الأولى . فقوة كبيرة فى هذه الحالة ، حالة الحديد ، لا تحدث إلا تغييراً صغيراً جدا . فمرونة الحديد فى العلم أكبر جدا من مرونة المطاط .

فالمرونة عند الناس معناها المطاوعة ، والمرونة عند العلم معناها : —

أولا : مقاومة التغير . **وثانيا** : الرجوع إلى الحالة الأولى بعد زوال المغيِّر .

والتغير إذا كان صغيراً يتناسب فى العادة مع مقدار القوة . فيتضاعف مثلاً إذا تضاعفت ، ويصير إلى ثلاثة أمثاله إذا كبرت القوة إلى ثلاثة أمثالها ، وهلم

جرا . لـكن المدى الذى يصدق فيه هذا محدود و إن اختلف فى كل مادة . فإذا زاد التغير عن حد خاص بزيادة القوة عن حد خاص قلّت مقاومة المـادة للتغير نسبيا وأصبحت أكثر مطاوَعة ، وفى هذه الحالة إذا زالت القوة المؤثرة لم يستطع الجسم أن يستعيد حالته الأولى تماماً إلا بعد فترة فيها طول ، و يقال عندئذ أن الجسم قد تَعِب ، وعلى مقدار التعب يتوقف طول الفترة التى يعود الجسم بعدها إلى حالته الأصلية . أما إذا استمررنا فى إتعابه باستمرارنا فى زيادة القوة المؤثرة فى طول الجسم بعد أن يصير الجسم أكثر مطاوعةً ، فإن نسبة المطاوعة تزداد حتى يأتى وقت ينقطع الجسم فيه ، ولو كان مثلاً سلكا ثخيناً من الحديد .

والتغير الذى يلحق الأجسام من هـذه الناحية إما أن يلحقها فى طولها و إما أن يلحقها فى جِرمها أى حجمها . و إذن فهناك مرونتان : مرونة طولية أو بالأحرى شكلية لا تكون إلا فى الأجسام الجامدة ، ومرونة جرمية تكون فى الأجسام كلها ، جامدة أو سائلة أو غازية . وفى حالة السوائل والغازات تكون القوة بالبداهة من قبيل الضغط لا من قبيل الشد ، وقد اصطلح على تقدير مرونة مادة ما بقسمة القوة المغيرة على التغير الذى تحدثه فى جسم مناسب مصـنوع من المادة المخصوصة ، كلٌ مَقِيس بالوحدة اللازمة .

٦ — القصور الذاتى

هذا اسم غريب لـكن معناه بسيط هو أن كل جسم ساكن لا يتحرك إلا بقوة تحركه ، وكل جسم متحرك لا تتغير حركته إلا بقوة تغير منها ، سواء أكان التغيير فى اتجاه الحركة أم بالنقص أو الزيادة فى مقدارها .

والجزء الأول من هذه القضية واضح بذاته تؤيده المشاهدة ، فكلنا نرى أن الجسم إذا كان ساكناً لا يتحرك إلا بمحرك بحيث أن حركته بعد سكون

تحملنا على التساؤل فى أنفسنا عن ماذا حرّكه . فكأننا كنا نعرف بالفطرة هذا الجزء من معنى القصور الذاتى وإن لم نعرف هذا الاسم إلا بتوقيف . لكن الذى يصعب التسليم به بعض الصعوبة هو الجزء الثانى من معنى القصور الذاتى ، أى عدم تغير حركة المتحرك سواء فى السرعة أم فى الاتجاه إلا بمغيّر ، لأن مقتضى هذا أنه إذا انعدم المغير استمر الجسم المتحرك على حركته إلى مالا نهاية ، وهذا مالا يكاد يسلم به الإنسان ، لأنه تعود أن يرى كل متحرك حوله تنتهى حركته بالفعل بعد مدة من غير أن يرى شيئاً ظاهراً يقاوم الحركة ، فيظن أن الحركة تنتهى من تلقاء نفسها .

هذا الظن طبعاً خطأ لأن مقاومات الحركة موجودة حولنا فى كل مكان وإن لم تبد للعيان إلا بعد تأمل ونظر . وعدم رؤيتنا مقاومات الحركة واضحة ظاهرة هو سبب هذا الظن الذى هو فى الحقيقة العقبة الأولى فى سبيل فهم هذا الجزء من معنى القصور الذاتى . فلو كنا نراها دائماً كما نرى الحركة ما ظن أحد أن الحركة تنتهى من تلقاء نفسها . فنحن مثلا لا نجد صعوبة ما فى فهم سبب وقوف برميل متدحرج إذا تصدى له رجل يوقفه بيديه أو بوضع عقبة فى طريقه ، لكننا نجد شيئاً من الصعوبة فى فهم سبب وقوف هذا البرميل عينه بعد فترة من غير أن يتصدى لإيقافه أحد . والسبب منا قريب لو تأملناه ، هو مقاومة الهواء للبرميل خصوصاً إذا كان عظيم السطح ، والاحتكاكُ بين سطح البرميل وسطح الأرض . ومثل البرميل فى هذا كل جسم متدحرج أو منزلق على سطح . حتى القطار المتحرك يقف بعد مدة إذا انحبس عنه البخار بنفس العاملين : مقاومة الهواء والاحتكاك بين القضبان و بين العجلات . و يجب أن نتذكر أن الاحتكاك بين سطحين يكون اتجاهه دائماً ضد اتجاه الحركة ، فهو دائماً موجود مادامت هناك حركة بين سطحين و إن كان لا يستطيع أن يزيد عن مقدار نسبى محدود . أما

إذا كان الجسم غير متدحرج ولا منزلق ، كالحجر الذى يقذف به إلى أعلى ، فإن حركته تقل بالتدريج حتى يقف فيأخذ فى السقوط فتزداد حركته بالتدريج . والسر فى نقصان حركته إلى علو هو نفس السر فى زيادتها إلى سفل : جذب الأرض إياه .

على أن الإنسان ، حتى بعد اتّضاح وقوف الأجسام المتحركة لا من تلقاء نفسها ولكن بموقف ، يجد صعوبة كبرى فى التسليم بلازم القصور الذاتى فى الجسم المتحرك ألا وهو استمرار الحركة إلى ما لا نهاية إذا انعدم الموقف والمقاوم . لكن من الممكن تقريب ذلك إلى الفهم بأن نفرض أننا أخذنا كرة مصقولة من الخشب مثلاً ودفعناها بقوة واحدة على سطوح مختلفة مثل سطح الأرض غير المرصوفة ، وسطح الأرض المرصوفة ، وسطح أرض غرفة ملوّحة مستوية ، وأرض غرفة ملوحة مستوية مدهونة ، وأخرى مدهونة مصقولة ، فإن المسافات التى تقطعها الكرة على تلك السطوح المختلفة تختلف مع اتحاد قوة الدفع . فهى تزداد بالتدريج على تلك الأسطح ، من الأرض غير المرصوفة إلى الخشب المصقول . وليس لهذا تفسير إلا أن الاحتكاك أقل فى بعض هذه الأسطح منه فى بعض . فالحركة تدوم أكثر كلما كان السطح أكثر استواء وأصقل ، أى كلما كان الاحتكاك أقل بين الجسم المتحرك و بين السطح . لكن الاحتكاك فى الواقع دائماً موجود ، كثر أو قلّ ، ولذلك تنتهى الحركة دائماً بالسكون . أما إذا تصورنا أن الاحتكاك ارتفع بالمرة ، وأن الهواء المحيط بالجسم أثناء حركته قد انعدم ، فإنه لا يكون هناك عندئذ داع يدعو إلى انتهاء الحركة ، و يظل الجسم المتحرك على حركته ما دام ليس هناك قوة تقاومه .

فالقصور الذاتى إذا صورناه تصويراً أدق ، هو مقاومة المادة لكل تغير يراد إدخاله على حالة المادة من حيث الحركة والسكون . فإذا كانت المادة ساكنة فإنها تقاوم تحريكك لها ، و إذا كانت متحركة فإنها تقاوم تسكينك لها .

والقصور الذاتى يختلف مقداره باختلاف الكتلة فى الأجسام الساكنة ، وباختلاف الكتلة والسرعة فى الأجسام المتحركة . وهذا مشاهد فإن الجسم العظيم الساكن أكثر مقاومة للتحريك من الجسم الصغير الساكن . فإذا كان لدينا كرتان كبيرتان من الحديد أو من الحجر إحداهما نصف الأخرى فى الكتلة كانت مقاومة الصغرى نصف مقاومة الكبرى للتحريك ، أو بعبارة أخرى احتجنا فى حالة الصغرى إلى قوةٍ نصف التى نحتاجها فى حالة الكبرى كى نُكسب كلا من الكرتين حركة واحدة بسرعة واحدة . فإذا حركنا الكرتين وأكسبناهما سرعة واحدة ثم أردنا إيقافهما فى زمن واحد احتجنا فى إيقاف الكبرى إلى ضعف القوة التى نحتاجها فى إيقاف الصغرى . لكن لو كانت الصغرى تتحرك بسرعة ضعف سرعة الكبرى فإننا فى هذه الحالة نحتاج لإيقاف الكرتين إلى قوتين متساويتين .

أما إذا كانت الكرتان متساويتين فى الكتلة فإننا طبعاً نحتاج إلى قوتين متساويتين لإكسابهما حركة واحدة ، وإلى قوتين إحداهما ضعف الأخرى لإكسابهما سرعتين إحداهما ضعف الأخرى ، وهلم جرا . فإذا أردنا إيقافهما احتجنا إلى مقاومتين متساويتين عند تساوى سرعتيهما ، وإلى مقاومتين إحداهما ضعف الأخرى إذا كانت السرعتان إحداهما ضعف الأخرى .

ويتلخص ما سبق فيما يأتى : —

أولا : أن الجسم يظل على حالته من السكون أو الحركة ما لم تؤثر فيه قوة تخرجه عن حالته . فلو أن الجسم كان ساكناً ولم تؤثر فيه قوة بتحريك لظل ساكناً أبد الدهر . ولو أن جسماً كان متحركاً بسرعة ما ولم تؤثر فيه قوة تنتقص سرعته أو تزيد فيها أو تغير من اتجاهها لظل متحركاً بنفس السرعة فى

نفس الاتجاه أبد الدهر كذلك . هذا المعنى كان نيوتن أول من أحسن التعبير عنه ولذا يعرف **بقانون الحركة** لنيوتن .

ثانياً : أن القصور الذاتى للجسم الساكن متناسب مع كتلته ، وللجسم المتحرك متناسب مع كتلته وسرعته .

و إحداث الحركة الدائمة مستحيل على الإنسان ، أجمع على ذلك العلماء بحيث أصبح ذلك من مسلمات العلم البدهية ؛ لأن إحداث الحركة الدائمة يحتاج إلى التغلب الدائم على المقاومات المحيطة ، وهذا يحتاج إلى إحداث طاقة دائمة متجددة ، والإنسان عاجز عن إحداث هذه الطاقة التى لا تنفد . لكن الحركة الدائمة و إن عجز عنها الإنسان موجودة بالفعل فى الكون : فى حركة جزئيات الهواء الساكن مثلا وحركة الهواء كتلاً فيما نسميه النسُم والرياح ، وفى حركة سطح البحر ، وفى حركة الكواكب والسيارات ومنها الأرض . ووجود الحركة الدائمة بالفعل فى الكون مع عجز الناس أجمعين عنها من أعظم الأدلة وأدقها على وجود خالق قادر يسير الكون .

٧ — المسامية

من خواص المادة أنها ذات مسام منبثة بين أجزائها الدقيقة . والاستدلال على هذه المسام فى الغازات والسوائل أمر غير صعب فإن من الممكن تحريك بعض الأجسام الصلبة فى الغازات والسوائل . وهذا أمر غير ممكن إلا إذا وجدت مسام فيها .

والسوائل تذيب بعض الأجسام فتنبثّ أجزاء الجسم المذاب بين أجزاء السائل المذيب بحيث لو أخذنا جزءًا من المحلول لوجدنا فيه من أجزاء المذيب والمذاب معاً كما قد يستدل عليه بالمذاق ، فى حين أن حجم المذيب قلما يتغير بذوبان الذائب الذى يكون ذائباً فيه بنسبة معقولة ، فإذا ازداد الحجم فإن الزيادة تكون أقل

كثيراً من حجم المذاب . فلو أخـذنا سنتيمتراً مكعبا من السكر مثلاً وأذبناه فى ٢٠ سنتيمتراً مكعبا من الماء فإن حجم المحلول لا يكون ٢١ سنتيمتراً مكعبا . ولـكن ٢٠ ، و يزيد قليلاًجدًّا إن زاد . أما وزن المحلول ، فهو مجموع وزن السكر والماء فى هذه الحالة ، ووزن المذيب والمذاب على العموم . ولو كان كل من المذيب والمذاب لا مسام فيه لما انتشر المذاب فى المذيب أولاً ، ولـكان حجم المحلول أيضاً مساوياً لمجموع الحجمين كما هو الحال عند خلط سائل بجسم لا يذوب فيه .

والأمر أظهر بالنسبة للغازات لأننا نجد الروائح مثلا تنتشر فى الجو ، ونجد الغاز إذا جمعنا بينه و بين غاز آخر يمتزج به امتزاجاً تامًّا ولو كان أحدهما أثقل من الآخر ، ولم يكن هـذا ليمـكن لو لم تكن الغازات ذات مسام . ثم إن سرعة انتشار الروائح مثلاً بالنسبة لبطء انتشار دقائق الأجسام المذابة فى السوائل يدل ليس فقط على شدة حركة جزئيات الغاز أو البخار ذى الرائحة ، ولـكن أيضاً على عظم مسام الغازات ، وصغر مسام السوائل بالنسبة إلى الغازات .

فالسوائل والغازات ، بل والجوامد القابلة للذوبان فى بعض السوائل ، كل هذه واضح أنها ذات مسام . إنما الصعوبة هى فى الاستدلال على مسامية بقية الجوامد التى لا تذوب ، لـكن من الممكن الاستدلال على مسامية مثل الخشب بإمكان إدخال جسم صلب كالمسمار فيــه من غير زيادة فى حجمه ومن غير أن يخرج منه شىء . على أن إمكان قطع الجسم الصلب أو تفتيته هو فى ذاته شبه دليل على وجود مسام بين أجزائه جعلت ذلك القطع أو التفتيت ممكناً .

بقى علينا النظر فى أمر مثل الحديد والنحاس وما شابهها من المعادن التى لا تقبل الذوبان فى الظاهر . لـكن هذه و إن لم تقبل الذوبان فى المـاء تقبل الذوبان فى غيره من المعادن المنصهرة ، فالفضــة مثلاً تذوب فى الرصاص المنصهر والذهب فى الزئبق وهلم جرا : بل من الممكن أن يقال إن المعادن على العموم

يذيب بعضها بعضاً أى أن لكل معدن تقريباً معدناً آخر يذيبه فى حالة الانصهار ، وهذا الذوبان دليل مسامية كل منهما .

على أن بعض المعادن كالزئبق يستطيع النفوذ فى بعض المعادن الجامدة مع بقائها جامدة ؛ فالزئبق ينفذ بالتدريج من الذهب والنحاس مثلاً إذا تركت ملامسة له . فلو وضعت شيئاً من الزئبق على قطعة من النحاس أو الذهب وتركتهما كذلك مدة كافية ثم امتحنت قطعة النحاس أو الذهب بمبرد لوجدت الزئبق قد تخلل الذهب أو النحاس مما يدل على وجود مسام فيه .

كذلك كثير من المعادن ينفذ منها بعض الغازات كالإيدروجين . فلو مر الإيدروجين فى أنبوبة مسخنة من الحديد مثلاً بعد تفريغ ما حولها من الهواء ثم امتحن ما حولها بعد فترة لوجد فيه الإيدروجين ، وهذا دليل وجود مسام فى الحديد نفذ منها الإيدروجين . صحيح أن الحديد لا بد من تسخينه لتسهيل نفوذ الإيدروجين ، لكن هذا معناه أن التسخين يوسع المسام لا أنه يوجدها .

على أننا بعد هذا وذاك يمكننا تحويل أكثر الأجسام الجامدة إلى سوائل ثم إلى أبخرة إذا سخناها تسخيناً كافياً ، كما يمكن تحويل الغازات والأبخرة والسوائل إلى أجسام جامدة إذا بردت تبريداً كافياً ، ووجود المسام فى الغازات والسوائل لا شك فيه ؛ فمن المعقول أن هذه المسام لا تنعدم بالتبريد وإنما تقل وتصغر ، كما أن من المعقول أنها لا توجد من العدم إذا أسلنا الجسم الجامد وإنما هى موجودة فيه وإن كانت دقيقة ، ثم تكبر وتتسع بالتسخين .

وكذلك قبول الأجسام للانضغاط دليل وجود مسام فيها . فالغازات سهلة الانضغاط ، وإذن فمسامها كثيرة كبيرة ؛ والسوائل صعبة الانضغاط ، ولكن الانضغاط واقع بها وإن قل . كذلك المعادن القابلة للطرق تنضغط بالضغوط

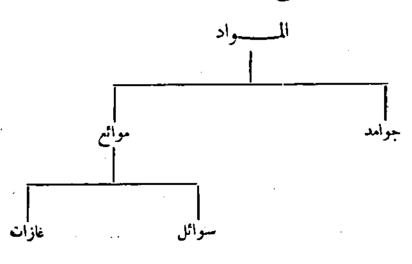
الكبيرة وتزداد كثافتها بالتبع . فالزنك مثلاً تصير كثافته ٧,١٣ بعد ٦,٩ جم إذا وقع تحت ١٠٠٠٠ جو ، أى تحت ضغط قدر الضغط الجوى ١٠٠٠٠ مرة . وتحت نفس الضغط تزداد كثافة الذهب المقطر من ١٨,٩ إلى ١٩,٢٧ جم ، وتزداد كثافة النحاس من ٨,٩٣٣ إلى ٨,٩٣٨ جم ؛ فى حين أن النحاس المطروق كثافته ٨,٩٥ جم ، والفضة تصير كثافتها تحت السلك ١٠ر٥٧ جم بعد ١٠,٤٥ ، فليس هناك شك إذن فى مسامية هذه المواد .

وهناك أدلة أخرى غير هذه على مسامية المادة لا داعى لذكرها .

الفصل الثانى

أحوال المادة

من خواص المادة أن تكون على حالة من ثلاث : الجمودة ، والسيولة ، والغازية . فكل نوع نقى من أنواع المادة إما أن يكون جامداً أو سائلاً أو غازاً ، والسوائل والغازات قد تسمى بالموائع .



أهم الفروق بين الجوامد والموائع :

(١) الجوامد لها شكل ثابت والموائع ليس لها شكل ثابت ، وقد يعبر عن هـذا المعنى بطريقة أخرى فيقال إن الجوامد أجزاؤها متماسكة ، أما الموائع فأجزاؤها غير متماسكة .

(٢) الجوامد إذا أريد قطعها قاومت القطع إلى حـد مّا ، أما الموائع فلا مقاومة فيها للقطع . فالمائع يكفى لقطعه أية قوة قاطعة مهما صغرت . أما الجامد فيحتاج إلى قوة ذات قدر محدود قبل أن يمكن قطعه .

(٣) الموائع لجزيئاتها حركة تنقلية كما يتبين ذلك من انتشار الغازات أو الأبخرة ذات الرائحة فى غـيرها من الغازات ، وانتشار السوائل القابلة للذوبان فى السائل الذى تذوب فيه من غير تحريك . فإذا جئت بسائلين يتذاوبان مختلفى الكثافة ، ووضـعت أخفهما فوق أثقلهما أو أثقلهما تحت أخفهما من غير مزج بينهما ، وتركتهما هكذا فى الإناء مدة كافية فإنك واجدهما بعد هذه المدة قد امتزجا تماماً ، كما يمكن الاستدلال عليه بالطعم ، أو باللون إن كان أحدهما ذا لون ، أو بالتحليل ، وهذا دليل انتشار الأخف فى الأكثف والأكثف فى الأخف ، وهو بِدَوْرِه دليل تنقل جزيئات كلٍّ .

أما الجوامد فليس لجزيئاتها هذه الحركة التنقلية ، ولكن إذا كان لجزيئاتها حركة فهى حركة تذبذبية : يتذبذب الجزىء فى الجسم الجامد حول نقطة ثابتة ؛ ولذلك يحتفظ الجسم الجامد بشكله رغم حركة جزيئاته ، لأن الحركة التذبذبية تكون ثابتة المكان كحركة بندول الساعة أو حركة وتر العود .

والعلماء يرون أن لجزيئات الجوامد هـذه الحركة التذبذبية ، ولهم على ذلك شواهد تشهد لها على وجه الترجيح لا اليقين . منها أن السوائل يمكن

تجميدها ، وأن الغازات يمكن تسييلها كلها وتجميدُ كثيرٍ منها ، وهم يقيسون تجميد السوائل على تسييل الغازات . فكما أن تسييل الغاز لا يستنفد حركة جزيئاته بل يترك فيها بقية على وجه اليقين ، كذلك تجميد السائل لا يستنفد حركة جزيئاته بل يترك فيها بقيــة على وجه الظن والتغليب ، و يستأنسون لهذا بتعذر استنفاد السائل من إناء يحتويه و يبتل به جداره مهما بولغ فى تفريغه ، و إذا تعذّر استفراغ السائل كله وهو مادة محسوسة فمن باب أولى يتعذر استفراغ كل حركة جزيئات السائل عند تجميده بالتبريد . ولما كان أكثر الجوامد يمكن تسييله ثم تجميده ، فحكمه من هذه الناحية حكم السوائل المجمدة . وعلى الجوامد المكن تسييلها تقاس الجوامد التى لا يمكن تسييلها كالخشب والجير . و بالجملة فإنه يغلب جدا أن تكون لجزيئات أكثر الجوامد حركة موضعية ، كما يغلب أن تكون مثل هــذه الحركة لجزيئات جميع الجوامد و إن اختلفت الجوامد فى مدى هذه الحركة ، وهذا القسط من الشك الذى ينتاب الإنسان فى نسبة الحركة إلى جزيئات الجوامد هو الذى يجعل القول بحركة جزيئات المادة فى مرتبة النظريات بدلاً من مرتبة القوانين .

(٤) وفرق رابع بين الجوامد والموائع أن الموائع المحبوسة يسرى فيها الضغط فى حين أن الضغط لا يسرى فى الجوامد . فإذا كان عندك سائل أو غاز محبوس فى أسطوانة ، وكان بعضَ ما يحبسه فى الأسطوانة مكبس جزئى لا يشغل إلا جزءاً من فراغها ، فإن أى ضغط يقع على بعض السائل أو الغاز بواسطة المكبس يسرى فى جميع السائل أو الغاز فى كل اتجاه .

(٥) وفرق خامس ينتج إلى حد كبير من الرابع أن المائع إذا حل فيــه جسم لا يذوب فيه ، سائلا كان أو جامداً ، وقعت عليه ضغوط من جميع الجهات متناسبةٌ عند كل نقطة من نقط سطح الجسم مع كثافة المائع ومع عمقه عند تلك النقطة ،

أو بعبارة أخرى مع ثقل عمود المائع الواقع على تلك النقطة أو على نقطة فى مستويها .

ولما كانت الضغوط الأفقية الواقعة فى مستو واحد متساوية ومتضادة فإنها تتلاغى فى كل مستو ، فلا يكون لمجموع الضغوط الأفقية الواقعة على الجسم نتيجة أو تأثير . أما الضغوط الرأسية فإنها كما قلنا تزداد مع العمق ؛ ولما كانت الأعماق عند نقط سطح الجسم الواقعة على عمود واحد لا تختلف إلا بقدر ما يفصل النقط من مادة الجسم ، وكان الضغط من أعلى إلى أسفل عند كل نقطة عليا يقابله ضغط من أسفل إلى أعلى عند كل نقطة سفلى تناظرها على العمود المار بهما ، فإن قليلا من التفكير يؤدى إلى أن كل ضغط إلى أسفل يتلاغى مع جزء من الضغط المناظر له إلى أعلى تاركا جزءاً متناسباً مع البعد بين النقطتين الواقع عليهما الضغطان المتناظران ، وأن مجموع هذه الضغوط الجزئيـة إلى أعلى يتناسب إذن مع حجم الجسم ، أو بعبارة أدق يساوى حجم الجسم فى كثافة المـائع ، ما دام كل ضغط يتناسب مع كثافة المائع وعمقه عند كل نقطة من سطح الجسم . وتكون النتيجة أن الجسم يدفع إلى أعلى بقوة تساوى وزن المائع الذى حل الجسم محله .

هذه النتيجة التى تحتاج إلى شىء من التخيل والتفكير لتصورها نظريا من السهل إثباتها عمليا فى السوائل على الأقل : يؤتى بجسم جامد صـغير و يعلق فى الهواء بخيط من أحد طرفى عاتق ميزان ، و يوزن بمعادلته بالصـنج فى الـكفة الأخرى ؛ ثم يؤتى بكوب فيـه سائل كافٍ و يوضع الـكوب تحت الجسم المعلق بحيث يصبح من ناحية مغموراً بالسائل من غير أن يمس شيئاً من زجاج الـكوب ، و يكون الـكوب من ناحية أخرى محمولاً على الـكف أو غيره بحيث لا يمس شيئاً من الميزان . عندئذ ترجح ناحية الصنج ناحيةَ الجسم بمجرد غمر الجسم فى السائل . وهـذا هو الدليل العملى على أن **نتيجة الضغوط الواقعة على الجسم فى السائل قوة واحدة تدفعه الى أعلى** . أما مقدار هـذا الدفع فيمكن إيجاده

بوزن الجسم فى هذه الحالة أيضا ، فيكون الفرق بين هذا الوزن ووزن الجسم معلقاً فى الهواء يساوى الدّفع إلى أعلى أو **الرفع** . فإذا قيس حجم الجسم بطريقة من طرق قياس الحجم مناسبة ، فإن حجم السائل الذى حل الجسم محله يساوى حجم الجسم بالبداهة ، ووزن هذا السائل المزاغ كما يسمونه يساوى إذن هذا الحجم مضروباً فى كثافة السائل . وإذا قورن وزن السائل المزاغ المأتىّ به عن هذا الطريق بقوة الرفع المقيسة عمليا من قبل وُجد أنهما متساويان مهما كان السائل ما دام الجسم لايذوب فيه . وهذا هو البرهان العملى على أن **كل جسم مغمور بسائل لايذيبه يُرفع الى فوق بقوة تساوى وزن السائل المزاغ .**

هذه النتيجة تصدق على جميع الموائع ، إذ من الممكن إثباتها عمليا فى حالة الغازات أيضاً وإن بشىء من الصعوبة والاحتياط .

قاعدة أرشميدس : الجسم إذا انغمر بسائل كان تحت سلطان قوتين : قوة الرفع المشار إليها آنفاً تدفعه إلى أعلى ، ووزن الجسم يجذبه إلى أسفل . والوضع الذى يستقر عليه الجسم فى السائل فى النهاية يتوقف على النسبة بين هاتين القوتين . فإذا كان الوزن أكبر من الرفع غاص الجسم . وإذا كان يساويه فإن الجسم يقر فى السائل وهو منغمر به على أى وضع كان . أما إذا كان الرفع أكبر من الوزن فإن الجسم يتحرك إلى أعلى حتى يصير إلى وضع يقل فيه الرفع حتى يتساوى والوزن ، أى حتى يبرز منه عن سطح السائل جزء كافٍ لجعل السائل الذى أزاحه الجزء المنغمر مساوياً فى الوزن لوزن الجسم ، وعندئذ يستقر الجسم على سطح السائل ، ويقال إنه طفا على السائل .

فالجسم الطافى إذن لابد أن يكون جزء منه منغمراً بالسائل ، وأن يكون وزنه مساوياً وزن السائل المزاغ أى الذى حل الجزء المنغمر محله . وبعبارة أخصر

الجسم الطافى وزنه يساوى وزن السائل المزاح . هذا هو قانون الأجسام الطافية الذى كشف عنه أرشميدس فى القرن الرابع قبل الميلاد ولذا يعرف **بقاعدة أرشميدس** .

أهمية قانون الأجسام الطافية : سنة الله هذه فى الأجسام الطافية هى السر الأكبر فى تسخير الله الفلك للناس فى البحر ، فإن الفلك وما تحمل تطفو على سطح الماء ما دام الجزء الغاطس منها كافياً فى حجمه لإزاحة قدر من الماء وزنه يساوى وزن الفلك وما عليها . وهذا سهل تحقيقه فى العادة بجعل الفلك أو السفينة مقوسة البدن إلى الخارج بحيث يقتضى انغمار سنتيمتر مثلا من ارتفاعها إزاحةَ جزء عظيم من الماء حجمه يتفاوت بتفاوت مساحة المقطع السطحى للسفينة عند ذلك الجزء المنغمر . فإذا كان ذلك المقطع كبير المساحة أمكن السفينة أن يزاد فى حملها زيادة كبيرة من غير أن تتعرض للانغماس فى الماء إلا بقدر سنتيمتر أو شبهه من ارتفاعها . فلو كانت مساحة المقطع مثلا عند مُنْغَمَس السفينة ٥ × ٢ متراً مربعاً ، فإن انغماس سنتيمتر آخر من ارتفاعها معناه إزاحة ١٠٠٫٠٠٠ سنتيمتر مكعب من الماء تقريباً ، وهذا يوازى قوة رفع قيمتها ١٠٠ كيلو جرام . أى أن هذه السفينة الصغيرة تستطيع أن تزيد حملها ١٠٠ كيلو جرام أو نحو قنطارين ونصف من غير أن يغطس منها مقابل ذلك إلا نحو سنتيمتر واحد من ارتفاعها . فإذا كان ارتفاع الجزء البارز منها نحو ثلاثين سنتيمتراً استطاع الملاح أن يحمل فيها نحو أربعين قنطاراً من غير أن يغطس منها أكثر من نصف ذلك الارتفاع . وما تستطيع مثل هذه السفينة حمله فى الماء الملح يزيد طبعاً عن حمولتها فى الماء العذب بما يناسب فرق ما بين الماءين فى الكثافة .

ومن هنا أمكن الإنسان أن يسيِّر تلك الجوارى فى البحر كالجبال ، سواء أكانت جوارىَ بالتجارة وما ينفع الناس ، أم كانت جوارى بكل مهلك مخرب

من آلات القتال . ولو راقب الإنسان ربه فلم يستعمل ما أوتى من قوة إلا فى ما أحل الله له أو أوجب عليه لكانت تلك البوارج والمدرعات نعمة على الإنسان يدفع بها عن نفسه بالحق أو يحمى بها الضعيف . وهى على كل حال نعمة وإن كانت كغيرها من النعم عرضة لأن تنقلب نقمة إذا استعملها الإنسان فى غير ما شرع الله . والله ينعم ، والإنسان مسئول عن تصرفه فيما أنعم الله عليه .

(ومن آياته الجوار فى البحر كالأعلام ، إن يشأ يسكِن الريح فيظللن رواكدَ على ظهره ، إن فى ذلك لآيات لكل صبار شكُور . أو يوبِقْهن بما كسبوا ، ويَعْفُ عن كثير) .

وسنة الله فى الأجسام الطافية لا تقف طبعاً عند حد السفن ، صغيرة أو كبيرة بل هى تشمل كل طاف . فالإنسان يطفو جسمه على سطح الماء لأن متوسط كثافة جسمه أقل من كثافة الماء العذب ، أى لأن وزنه أقل من وزن الماء الذى يزيحه لو انغمر كله ، فإذا رُمى به فى الماء فلا بد أن تبقى منه بقية طافية . وأول أسرار السباحة أن يعرف الإنسان كيف يجعل ذلك الجزء الطافى هو جزء رأسه الذى حول فمه وأنفه ، أى حول متنفسه الذى يتنفس منه ، فإذا لم يعرف هذا فسيبدو من جسمه جزء آخر وينغمر فمه وأنفه ، وإذا انغمر فمه وأنفه فإنه يوشك أن يفقد رشده ويبتلع من الماء عند التنفس ما يثقل به جسمه فيغوص بالتدريج حتى لا يبدو منه شىء . فكأن ثانى أسرار السباحة ألا يبتلع الإنسان شيئاً من الماء مهما كانت الظروف ، وليس ذلك بمنجيه عند خطر الغرق ولكن يطيل له فى فرصة النجاة . كذلك يزيد فى فرصة نجاته أو فرصة سباحته أن يحفظ فى الماء كل ما عدا رأسه ، فإن ذلك يعين على ظهور رأسه فوق الماء . ومن هنا كانت طريقة السبْح بتحريك اليدين والرجلين تحت الماء أحسن وأسلم من طريقة الضرب بالرجل والذراع .

وطيور الماء قد لافَقَ الله بين ريشها ، وصانه بما يغشاه من الدهن عن أن يتخلله الماء إلا برغبتها ، وذلك كله حتى يصير حجمها أكبر من وزنها ، أى حتى يصير متوسط كثافتها أقل كثيراً من كثافة الماء فلا يغطس منها فى الماء إلا أقلها . أما أرجلها المفرطحة فإنما هى لها بمنزلة اليد للسابح أو المجداف .

وكما أن سنة الله فى الأجسام الطافية هى السر فى طفو الفلك وطيور الماء ، كذلك سنة الله فى الاتزان فى المائع مطلقاً عند تساوى الوزن والرفع هى بعض سر اتزان الطير فى الهواء عند التحليق . وقد لاحم الله أيضاً بين ريش الطير ووهبه الجناح والذيل ليزيد بنشرهما فى حجمه أولاً ، فيزداد بذلك الرفع السابى أو الرفع عند السكون ؛ ويزيد بنشرهما فى سطحه ثانياً فيزداد بذلك حمل الهواء إياه فى كل من السكون والحركة . ولا شك أن لحركة الهواء حول جسم الطائر دخلاً عظيماً فى طيرانه ، سواء أكانت حركة الهواء إلى أعلى ناشئة عن حركة الطير أم كانت مستقلة عنها . وإلى حركة الهواء هذه من غير شك يرجع سر بقاء الطير فى الجو عند قبض جناحيه ، فإليها وإلى ما قبلها يرجع بعض سر قوله تعالى : (أَوَلَمْ يَرَوْا إلى الطير فوقهم صافّاتٍ[1] ويَقْبِضْنَ ؟ ما يمسكهن إلا الرحمن ، إنه بكل شىء بصير) ، وتفصيل ذلك عند علماء رياضة الطيران إن كانوا وقفوا من ذلك على التفاصيل .

ومهما يكن من ذلك فقد أحاط الإنسان من سنن الله فى الطير بما كفى فى تمكين الإنسان من مضارعة الطير فى طيرانه إلى حد أدهش الإنسان نفسه ، وإن كان لا يزال بعيداً جدا عن محاكاة الطير كل المحاكاة . لكن صعود الإنسان فى السماء بالطيارة أعقد كثيراً فى تفسيره من صعوده بالبالون أو بالمنطاد . فالطيارة أثقل من الهواء وإذا وقف محركها سقطت . أما البالون أو المنطاد فهما

---

(١) صافات : باسطات أجنحتهن .

أخف من الهواء ، و إذا وقف محركه أو تخفف من بعض حمله صعد . والسر فى ذلك يرجع إلى أمرين : الأول تكبير حجم البالون أو المنطاد كثيراً بالنسبة لوزنه حتى يزداد رفع الهواء إياه تبعاً لسنة الله فى الأجسام المغمورة فى الموائع . والثانى ملؤه أو ملء جيوب كثيرة فى بدنه بغاز أخف من الهواء ، وناتج هذين العاملين أن يصير متوسط كثافة المنطاد بالفعل أقل من متوسط كثافة الهواء ، ولما كان اللتر من الهواء يزن حوالى ١٫٢٩ جرام فإن متوسط وزن السنتيمتر المكعب من البالون أو المنطاد أقل من ٠٫٠٠١٢٩ من الجرام . أو ، إن شئت ، إن الوزن النوعى المنطاد بالنسبة للهواء أقل من واحد ، ولذا فهو يصعد فى الجو إذا ترك وشأنه ، ومن أجل ذلك إذاً أريد أن ينزل إلى الأرض جذب بالحبال .

وقد كان الغاز المستعمل فى تخفيف المنطاد فى الأول هو الإيدروجين الذى هو أخف الغازات ، لكن استبدل به أخيراً الغاز الذى يليه فى الخفة والكثرة ، غاز الهليوم ، وذلك لأن الهليوم أسلم وآمن ، إذ الإيدروجين قابل والهليوم غير قابل للاحتراق .

و إذ فرغنا الآن من النظر فى أهم الفروق بين الجوامد والموائع و بعض ما يترتب عليها من الآثار فلننظر الآن فى أهم الفروق بين صنفى الموائع ، أى بين السوائل والغازات .

أهم الفروق بين السوائل والغازات :

(١) حركة الجزيئات فى السوائل ، و إن كانت تنقلية كما فى الغازات ، أقل كثيراً فى سرعتها من حركة جزيئات الغازات . وهذا مشاهد فى بطء تبخر السوائل و بطء انتشار بعضها فى بعض من ناحية ، وفى سرعة انتشار الغازات والأبخرة ذات الرائحة من ناحية أخرى . والفصل بين السائل والغاز من هذه الناحية أن السوائل لا يلزم أن تملأ الإناء الذى تكون فيه ، أما الغازات فتنتشر

بسرعة فى الإناء الذى تكون فيه حتى تملأه مهما قل مقدارها .

(٢) مسام السوائل أصغر كثيراً فى ذاتها من مسام الغاز ، أى أن جزيئات السائل أقرب كثيراً بعضها من بعض من جزيئات الغاز . ومن الممكن التعبير عن هذا بطريقة أخرى فنقول : إن الغازات أخف كثيراً من السوائل ، ويكفى للمقارنة أن نعرف أن اللتر من الماء مثلاً وزنه ١٠٠٠ جرام ، فى حين أن اللتر من الهواء الجاف وزنه ١,٢٩ جرام ومن الإيدروجين ٠,٠٩ جرام ومن الأكسيجين ١,٤٣ جم ومن الأزوت ١,٢٤٨ جم .

(٣) السوائل مقاومتها للانضغاط ، أى تصغير الحجم بالضغط ، كبيرة جدا فى جميع الحالات . أما الغازات فمقاومتها غير كبيرة إلا فى حالات خاصة ، حالات الغازات المضغوطة ضغطاً كبيراً بالفعل .

وقياس انضغاط السوائل ليس بالأمر السهل لأنه يحتاج إلى احتياطات عدة لكن على العموم لو فرضنا أسطوانة من فولاذ يتحرك فيها مكبس محكم ، بحيث لا يسمح أثناء حركته بخروج شىء من السائل أو الغاز ، فإننا إذا حاولنا ضغط سائل فى الأسطوانة فإننا لا نكاد نستطيع تحريك المكبس إلى داخل الأسطوانة بالرغم من كبر الضغط ؛ لكن من الممكن فى حالة الغاز تحريك المكبس إلى داخل الأسطوانة بسهولة فى الأول ، ثم تقل السهولة شيئاً فشيئاً كلما قلّ حجم الغاز بالانضغاط .

وبعبارة أخصر وأدق ، السائل مرونته الجرمية عظيمة جدا ، أما الغاز فمرونته الجرمية متغيرة تبعاً لحجمه بفرض ثبات كتلته . فإذا أخذنا كتلة ما من سائل فى حيز مناسب محدود كان صعباً جدا تصغير حجمها بالضغط . لكن إذا أخذنا كتلة من غاز تحت الضغط العادى كان من السهل ضغطها فى الأول وكلما صغر حجمها صعب ضغطها ، أى زادت مرونتها الجرمية .

الفصل الثالث

تغير الحالة

مدار التغير : المادة فى أحوالها الثلاث ممكن تحولها من حالة إلى حالة . إنه من الممكن القول بأن الفرق الأساسى بين حالات المادة هو فرق فى حركة جزيئاتها : حركة جزيئات الجامد تذبذبية ، وحركة جزيئات السائل تنقلية بطيئة ، وحركة جزيئات الغاز تنقلية سريعة . فمن المعقول إمكان الانتقال من حالة إلى حالة إذا أمكن تغيير حركة الجزيئات تغييراً كافياً . فإذا أمكن تغيير الحركة من تذبذبية إلى تنقلية بطيئة أمكن تحويل الجامد إلى سائل ، وإذا أمكن تحويلها من تنقلية بطيئة إلى تنقليـة سريعة أمكن تحويل السائل إلى غاز . وبالعكس إذا أمكن تحويل حركة الجزيئات من تنقلية سريعة إلى تنقلية بطيئة ، ومن هذه إلى تذبذبية أمكن تحويل الغاز أو البخار إلى سائل ثم إلى جامد .

هذا التحويل كله مداره زيادة حركة الجزيئات إذا سرنا نحو الطرف الغازى أو تقليلها إذا سرنا نحو طرف الجامد :

حركة الجزيئات فى نقصان

جامد — سائل — غاز

حركة الجزيئات فى زيادة

التسخين والتبخير : فأما زيادة حركة الجزيئات فتحتاج إلى طاقة . هذه الطاقة نستمدها فى الغالب من الأجسام الحارة بالتسخين . فإذا سخنا جسماً جامداً كالنحاس أو كبريت العمود تحولت حركة جزيئاته من تذبذبيـة بطيئة إلى تذبذبية سريعة ثم إلى تذبذبية عنيفة ، وفى هذه الأثناء كلها يظهر أثر زيادة حركة

الجزيئات على صـورة زيادة سخونة الجسم ، أى زيادة درجة حرارته ، أو أيضاً على صورة ضوء يخرج من الجسم إذا صارت ذبذبة جزيئاته عنيفة . فإذا استمررنا فى التسخين بعد ذلك اضطربت حركة الجزيئات إلى درجة ينفصل معها بعضها ، أى تتحول الحركة الجزيئية من تذبذبية عنيفة إلى تنقلية ، وبذلك يبدأ الجسم يتحول من جامد إلى سائل ، وبعبارة أخرى يبدأ الجامد يسيح .

ذلك الاضطراب وهـذا التحول يبدأ عادة فى الأجزاء الأقرب إلى مصدر الحرارة ، أى فى الطبقة الظاهرة من الجامد المسخن . فالجامد يسيح من ظاهره ويسرى السيحان شيئاً فشيئاً إلى الطبقات الباطنة حتى يصير الجسم كله سائلاً . ويعين على ذلك أن يكون الجامد مسحوقاً أو شبه مسحوق ، وأن يُقلَّب أثناء التسخين ، وقد شوهد بالفعل فى هذه الحالة أن درجة حرارة الجسم أثناء السيحان تبقى ثابتة حتى يسيح الجامد كله إذا كان الجامد نقيا ، أى مكوناً من مادة واحدة غير مخلوطة بغيرها ، وتسمى درجة الحرارة التى يبدأ عندها السيحان والتى تبقى ثابتة أثناءه **بدرجة السيحان أو درجة الانصهار** .

تبخير الجوامد والسوائل : فإذا استمررنا فى التسخين بعد ذلك ، أى بعد تمام سيحان الجامد ازدادت حركة جزيئاته واتسعت مسامه وتحول بعضه إلى بخار ، وإذا كان هذا البخار آتياً من الداخل ظاهراً على السطح فى صورة فقاقيع من مادة السائل قيل إن السائل **يغلى** أى يتحول إلى بخار ليس فقط من السطح ، ولـكن من الداخل . وهذا لا يحدث إلا إذا كان ضغط بخار السائل الى الخارج مساوياً الضغط الواقع على السائل **منه** الخارج ، وقد شـوهد أن درجة حرارة السائل الثابت التركيب تظل فى هذه الحالة ثابتة ما دام الضغط الواقع على السائل ثابتاً ، وهذا معناه أن درجة حرارة السائل الذى يغلى تختلف باختلاف الضغط الواقع

عليه ؛ فترتفع إذا زاد ، وتنخفض إذا نقص ، وتثبت إذا ثبت ، وتتغير إذا تغير ، وهذا كله قد ثبت أيضاً بالمشاهدة . وتسمى درجة حرارة السائل الذى يغلى تحت ضغط مخصوص بدرجة غليان السائل عند ذلك الضغط . فلكل سائل درجات غليان متعددة بتعدد الضغوط : كل ضغط يمكن أن يقع على السائل يقابله درجة غليان ، أى درجة حرارة يغلى عندها السائل . ولما كان الضغط الذى يغلب وقوعه على السوائل عند غليانها هو ضغط الجو ، فقد اصطلحوا إذا أطلق الغليان أن يقصد به الغليان تحت الضغط الجوى ، و إذا أطلقت درجة الغليان أن يقصد بها درجة الحرارة التى يغلى عندها السائل تحت الضغط الجوى ، أو إذا شئت ، درجة الحرارة التى يصير عندها ضغط بخار السائل مساوياً ضغط الجو على السائل . وهذا الكلام ينطبق طبعاً على كل سائل سواء كان جامداً مصهوراً ، أو كان في الأصل سائلاً فى درجة الحرارة العادية .

فالذى علينا أن نتذكره على الأخص هو أن الانتقال إلى السيولة من الجمودة ، أو إلى البخارية من السيولة ، يقتضى حتماً زيادة فى حركة الجزيئات ، وأن هذه الزيادة لا بد أن تؤخذ من مصدر ما ؛ لأن التسييح أو التبخير عمل ، وسنّة من أعم سنن الله فى خلقه ألا يُعمل عمل إلا ببذل مجهود واستنفاد طاقة .

ذوبان الجوامد : لكننا نشاهد أن بعض الجوامد يتحول إلى سائل بالذوبان فى سائل آخر من غير تسخين ؛ فمن أين تأتى الطاقة اللازمة فى هذه الحالة لهذا الذوبان ؟ تأتى من نفس حركة جزيئات السائل المذيب فتقلّ هذه بقدر ما يلزم لتذويب الجسم من طاقة ، ومن أجل ذلك تقل درجة حرارة المحلول الناتج . فإذا أذبت ملحاً أو سكراً فى ماء انخفضت درجة حرارة الماء قليلاً ، وقد تنخفض كثيراً بذوبان بعض الأملاح الأخرى ، وهكذا يمكنك تبريد السائل بتذويب

جسم مناسب فيه ، حتى أن من الممكن تخفيض درجة حرارة الثلج نفسه بإذابة ملح الطعام فيه : يخلط الملح بالثلج المدقوق فيذوب بعضه فى الثلج آخذاً الطاقة اللازمة لذلك من حركة جزيئات الثلج فتقل هذه الحركة ، أى تنخفض درجة حرارة الثلج بقدر ما يحتاجه ذوبان الملح من طاقة ، ويقال فى هـذه الحالة إن درجة حرارة الثلج انخفضت إلى ما تحت الصفر ، لكن ليس فى هذا التعبير معنى جديد لأن الصفر ما هو إلا الاسم الاصطلاحى لدرجة حرارة الثلج .

تبخر السوائل : ومثل الذوبان التبخير ، لا بد له من طاقة ، إذ جزيئات البخار أشد حركة من جزيئات السائل . هذه الطاقة يأخذها البخار من السائل إن لم يجد مصدراً آخر يأخذها منه ، فتقل بذلك الطاقة المتخلفة فى السائل وتنخفض درجة حرارته . وهذا هو علة برودة الماء فى أباريق الفخار الراشحة ، فإن الأبريق إذا عرض للهواء تبخر الماء الراشح على ظهره فترشح آخر مكانه ، فتبخر ، فترشح وهلم جرا ؛ وكلما تبخر منه شيء نزلت درجة حرارة الماء فى الأبريق حتى يبرد المـاء باستمرار التبخير برودة محسوسة . والنسيم يساعد على التبخير لأنه يذهب بالبخار إذا تراكم حول الأبريق ويفسح بذلك المجال لتكون غيره ، فقد عرف بالمشاهدة أن الهواء إذا تشبع ببخار الماء لم يستطع حمل بخار آخر غير الذى فيه ، فيقف التبخر ولو كان الماء مكشوفاً ؛ وهذا هو السر فى بطء برودة المـاء فى الأوانى الفخارية على السواحل البحرية أو انعدامه ، لأن الهواء على شاطئ البحر يكون أقرب إلى التشبع بالبخار .

التسييل والتجميد : إذا كنا قد اصطلحنا على تسمية تحويل الجامد إلى سائل **تسييلا** فلنصطلح على تسمية تحويل الغاز إلى سائل **تسييلا** حتى يكون هناك لفظ خاص بكل من التحويلين . وقد عرفنا أن الانتقال من الجمودة إلى

السيولة فالبخارية يكون عادة بالتسخين وأحياناً تؤخذ الطاقة اللازمة لذلك من نفس الجسم . أما الانتقال العكسى ، أى من البخارية إلى السيولة فالجودة فإنه يكون بالتبريد كما هو واضح . فإذا أردنا تحويل بخار أو غاز إلى سائل وجب أن نسلبه فرق ما بين البخار والسائل من الطاقة ، أى يجب أن نأخذ منه بطريقةٍ ما فضلَ حركة جزيئاته على حركة جزيئات السائل ، وذلك يكون عادة بتوصيله بشىء أبرد منه برودة كافية ، وهذا نعرفه فى بعض ما نجريه فى حياتنا العادية من عمليات . فإذا عرضنا مثلاً سطحاً بارداً إلى بخار خارج من أبريق شاى تغبَّش السطح البارد بما يتكاثف عليه من البخار . وفى عملية استخراج الزهر أو الورد نجد الناس يجمعون بين عمليتى التبخير والتكثيف : نجدهم يخلطون الزهر أو الورد فى دست أنيق قد اتصل — أى الدست — من أعلاه بأنبوبة حولها أنبوبة أخرى يمكن فتحها و إغلاقها . هذه الأنبوبة الخارجية تملأ بالماء البارد حتى إذا أوقد على الدست وما فيه تبخر الماء وحمل بخاره من عطر الزهر أو الورد ، وسار البخار وما يحمل فى الأنبوبة الداخلية فيبرد بالماء المحيط بها فى الأنبوبة الخارجية ، ويتحول إلى سائل هو مزيج من الماء وعطر الزهر أو الورد أو أى ورق عطرى آخر ، فيَقْطرُ ذلك المزيج من طرف الأنبوبة الداخلية الآخر فى إناء يستقبله من نحو زجاجة أو غيرها اصطلح اليوم على تسميته بالمستقبِل . فالبخار فى هـذه العملية يفقد طاقته الزائدة التى تتوقف عليها البخارية فتنخفض درجة حرارته هو وترتفع حرارة الماء المبرِّد فى الأنبوبة الخارجية ، ولذا يغيرون هذا الماء من حين إلى حين .

أما إذا استمررنا فى عملية التبريد و بردنا السائل الناتج عن تكثيف البخار بمخلوط مبرِّد من ثلج وملح أو نحوه ؛ فإن النقص فى حركة جزيئات السائل يبلغ حدًّا ينقلب معه السائل جامداً .

التسييل بالضغط : وهناك للإسالة ، إسالة الأبخرة والغازات ، طريق آخر غير التبريد ، هو الضغط . فإذا ضغطنا بخاراً بدلاً من تبريده تحول إلى سائل ، وإن كان مقدار الضغط اللازم يزداد بازدياد درجة حرارة البخار ؛ بل إن الضغط لا يحدث هذا الأثر في جميع درجات الحرارة ؛ إذ قد وجدوا لكل بخار ولكل غاز درجة حرارة خاصة لا يمكن تسييله فوقها بالضغط وحده مهما كبر الضغط ومهما صغر الفرق بين الدرجتين . هذه الدرجة الخاصة من الحرارة التي يمكن عندها أو تحتها تسييل البخار أو الغاز بالضغط وحده ولا يمكن تسييله قط فوقها تسمى **بدرجة الحرارة الانقلابية** ، أو **الدرجة الانقلابية** اختصاراً . فلا بد من أن تكون درجة حرارة البخار أو الغاز تحت درجته الانقلابية ، حتى يمكن تسييله بالضغط وحده .

والدرجات الانقلابية تختلف باختلاف الأبخرة والغازات : لكل بخار ولكل غاز درجة انقلابية تختلف قليلاً أو كثيراً عن الدرجة الانقلابية لأي غاز أو بخار آخر . وليس بين البخار والغاز فرق إلا أن الدرجة الانقلابية للبخار أعلى كثيراً من الدرجة الانقلابية للغاز . فالدرجة الانقلابية لبخار الماء مثلاً هي ٣٦٠ درجة مئوية ؛ في حين أن الدرجة الانقلابية لغاز ثاني أكسيد الكبريت ١٥٥,٥° م ؛ ولغاز ثاني أكسيد الكربون ٣١,٥° م ؛ ولغاز النشادر ١٣٠° م ؛ ثم هي للأكسيجين — ١١٩° م ؛ وللأزوت — ١٤٦° م ؛ وللإيدروجين — ٢٣٨° م .

وكلما كانت الدرجة الانقلابية أكثر انخفاضاً كان الغاز أنأى عن البخارية وأمكن في الغازية . فالغاز الذي درجته الانقلابية صفر مثلاً هو أمكن في الغازية من الذي درجته الانقلابية ١٠ ، لأن الذي درجته صفر لا يمكن تسييله عند درجة ١ ولا ٢ الخ مهما كان الضغط كبيرا ؛ في حين أن الغاز الثاني الذي درجته

١٠ يمكن تسييله عند ١٠ أو أقل من ١٠ ؛ والفرق بين الأبخرة والغازات الحقيقية هو كما قلنا من قبل أن الأبخرة درجتها الانقلابية مرتفعة جدًّا ، فى حين أن الغازات المكينة الغازية درجتها الانقلابية منخفضة جدًّا . أى أن الأبخرة تقع فى دهليز مرتبة الغازية ، فهى فى الحقيقة شىء وسط بين السوائل والغازات ، كما أن الغازات التى درجتها الانقلابية عالية نسبيًّا مثل غاز ثانى أكسيد الكبريت هى فى الحقيقة شىء وسط بين الأبخرة والغازات الحقيقية أو الغازات المكينة ، كما ينبغى أن تسمى .

وينتج من أن الغازات المكينة درجة حرارتها الانقلابية منخفضة جدا أنه لا يمكن تسييلها بالضغط وحده ، ولا بالتبريد وحده ، ولكن بالضغط والتبريد معاً : يبرَّد الغاز إلى درجته الانقلابية على الأقل ، ثم يضغط حتى يسيل ؛ وكلما اشتد تبريده تحت درجته الانقلابية احتيج إلى ضغط أقل لتسييله عند تلك الدرجة المبرَّد إليها . وقد اصطلح على تسمية **أقل** ضغط كاف لتسييل الغاز **عند** درجته الانقلابية **بالضغط الانقلابى** لذلك الغاز . والعبرة فى الحكم على مكانة الغاز هى بالدرجة الانقلابية لا بالضغط الانقلابى .

جــدول بالقيم الانقلابية لبعض المواد

المادة	الدرجة الانقلابية	الضغط الانقلابي
الماء	+ ٣٦٠° مئوية	١٩٥,٥ جو
البنزين	+ ٢٨٨,٥ »	٤٨ »
الكحول	+ ٢٤٣ »	٦٣ »
غاز ثاني أكسيد الكبريت	+ ١٥٥,٥ »	٧٩ »
» الكلور	+ ١٤١ »	٨٤ »
» النشادر	+ ١٣٠ »	١٥٥,٥ »
» ثاني أكسيد الكربون	+ ٣١,٥ »	٧٣ »
» الأكسيجين	— ١١٩ »	٥١ »
» أول أكسيد الكربون	— ١٣٦ »	٣٣,٥ »
» الأزوت	— ١٤٦ »	٣٥ »
» الإدروجين	— ٢٣٨ »	نحو ١٥ »
» الهليوم	— ٢٦٨ »	٢,٣ »

على أنه بعد أن تقدمت وسائل التبريد الشديد حتى صار من الممكن الحصول على درجة من البرودة حوالى — ٢٧٢° م أصبح فى الاستطاعة تسييل أكثر الغازات المكينة المعروفة ، بل تجميدها ، بالتبريد الشديد وحده

وسائل التبريد : للتبريد على وجه الإجمال طريقتان :

الطريقة الأولى : إحاطة الشىء المراد تبريده ، جامداً كان أو سائلاً أو غازاً ، بجسم بارد مناسب .

وأهون المبردات الثلج ، وهو وإن قضى حاجة الإنسان من التبريد فى حياته العادية قليل النفع فيما نحن بصدده من تجميد السوائل أو تسييل الغازات . وقلة نفعه راجعة إلى قلة برودته ، فإنه وإن كان فى العرف شديد البرودة حتى ضرب

الناس بشدة برودته المثل ، ليست برودته فى الواقع إلا أول درجات البرودة ، أو بالأحرى هى الأرض التى يبدأ الإنسان منها حين يريد أن يصعد سُلّم البرودة . فإن للبرودة سلماً مكوَّناً من ٢٧٣ درجة كلها تحت درجة حرارة الثلج ، أو إذا شئت فوق درجة برودته ؛ تبدأ من واحد تحت الصفر (— ١° م) ، وتنتهى بمائتين وثلاث وسبعين تحت الصفر (— ٢٧٣° م) . أى تنتهى بالصـفر المطاق الذى عنده يظن العلم أن الحرارة تنعدم من الأجسام بتاتاً ، و بعبارة أخرى تنعدم عنده حركة الجزيئات انعداماً تامًّا فتكون الجزيئات عنده ساكنة لا حراك بها فى الأجسام كلها ، إذ حرارة الأجسام عند العلماء ما هى إلا حركة جزيئاتها . فإذا كان هذا الصفر المطاق هو الموطئ الذى يُصعد منه سلم الحرارة كان الصفر العادى أو درجة حرارة الثلج هى الدرجة الثالثة والسبعون بعد المائتين على هـذا السلم ؛ و إذا كان الصفر المطلق هو أعلى درجات سلم البرودة كانت درجة برودة الثلج هى الأرض التى يهبط إليها الإنسان بعد أن ينزل المائتين والثلاث وانسبعين درجة المكون منهـا ذلك السلم . فبرودة الثلج ليست بذات بال فى البرودات المستعملة فى التجميد أو التسييل : يمكن بها تجميد السوائل التى تتجمد لدرجات قليلة فوق الصفر ، مثل البنزين النقى الذى يتجمد عند ٥,٤° ، ومثل زيت الزيتون الذى يتجمد بين درجتين وأربع درجات فوق الصفر ، لكن لا يمكن بها تجميد سائل يتجمد تحت الصفر ولو بدرجات مثل زيت السمسم الذى يتجمد عند نحو — ٥° م ، ولا تسييل غاز يسيل تحت الصفر ولو بدرجات مثل ثانى أكسيد الكبريت الذى يسيل تحت الضغط الجوى عند — ١٠° م ، اللهم إلا إذا أعان الضغط الثلجَ فعندئذ يمكن تسييل جميع الغازات التى درجتها الانقلابية فوق الصفر ، و إن كان لا يمكن تجميد شىء من السوائل لأن الضغط لا يُعين فى العادة على التجميد كما يعين على التسييل . و إذا كان لابد من ضرب الأمثلة للغازات

التي يمكن تسييلها بالضغط مع التبريد بالثلج فهناك غاز ثانى أكسيد الكبريت يسيل عند الصفر تحت ضغط ١٫٥ جو ، وغاز الكلور يسيل عند الصفر أيضاً بضغط ٦ جو ، وغاز ثانى أكسيد الكربون يسيل عند ٥° م بضغط ٤٠٫٥ جو .

على أنه قد سبق التنبيه إلى أن الثلج يمكن تخفيض حرارته بخلطه بالملح . وقد وجد أن من الممكن تخفيض درجة حرارته بهذه الوسيلة إلى — ٢٠° مئوية وهذا يزيد كثيراً فى فائدة الثلج فى التبريد والتسييل والتجميد . فمن الممكن مثلاً تسييل ثانى أكسيد الكبريت بمجرد إمراره فى أنبوبة محاطة بمخلوط مبرد من الثلج والملح درجة حرارته — ١٠° م أو أقل .

لكن درجات التبريد الأكبر لا يمكن الحصول عليها بالاستعانة بالثلج ، ولكن ببعض هذه الغازات المسيَّلة التى يستعان على تسييلها بالثلج أو بمجرد الضغط عند درجة الحرارة العادية ، مثل ثانى أكسيد الكبريت السابق ذكره أو النشادر أو ثانى أكسيد الكربون . فإن هذه الغازات المسيَّلة إذا فُرِّغ الهواء فوقها ولو بعض التفريغ تبخرت بشدة تتناسب مع درجة التفريغ أى مع صغر الضغط الواقع عليها ، وهى فى تبخرها تحتاج إلى طاقة تأخذها من نفسها ومما يلامسها كما حدث فى تبخير الماء . أى أنها إذا خفف الضغط الجوى عنها تبخرت بسرعة فبَرَدت و برَّدت . وقد وجدوا أن من الممكن الحصول بهذه الصورة على درجة — ٥٠ بل — ٦٠ مئوية بتبخر ثانى أكسيد الكبريت السائل ، وعلى درجة — ٦٠° بل — ٧٠° مئوية بتبخر النشادر السائلة . أما ثانى أكسيد الكربون السائل فمن الممكن الحصول بتبخره تحت ضغط منقوص على درجات من — ١٢٠° إلى — ١٤٠° مئوية ، وعلى درجات أقل من ذلك كثيراً بواسطة الأكسيجين السائل والهواء السائل والإدروجين السائل .

تسييل الأكسيجين : كان أول من سيل الأكسيجين العالم الفرنسى بكتيه سنة ١٨٧٧ ، وقد سيله بطريقة التبريد السابقة على درجات . سيل أولاً ثانى أكسيد الكبريت بالضغط المجرد عند درجة الحرارة العادية ، ثم غمر فيه أنبوبة من النحاس يمر فيها ثانى أكسيد الكربون وترك السائل يتبخر تحت ضغط منقوص فحصل بذلك على درجة حرارة حوالى — ٦٠° م برد إليها وسال عندها ثانى أكسيد الكربون . ثم كرر العملية مستعملاً ثانى أكسيد الكربون السائل بدلاً من ثانى أكسيد الكبريت السائل ، وغازَ الأكسيجين بدلاً من غاز ثانى أكسيد الكربون ، فحصل من تبخير ثانى أكسيد الكربون السائل على درجة حوالى — ١٤٠° م سال عندها الأكسيجين .

وقد استعمل العالم الإنجليزى ديوورز الأكسيجين السائل فى تسييل الهواء ، والهواء السائل فى تسييل الإدروجين .

الطريقة الثانية للتبريد: على أن هناك طريقة أخرى خيراً من الطريقة السابقة فى تسييل الغازات المكينة ، مثل الأكسيجين والأزوت والايدروجين ، تتلخص فى التبريد المتكرر لا بواسطة مبرد يحيط بالغاز ولكن بواسطة تمديد الغاز المضغوط كثيرا بتركه يتمدد فى منطقة قليلة الضغط . إن الغاز إذا ضُغط كثيراً ارتفعت درجة حرارته ؛ فإذا أحيطت الأنابيب المضغوط فيها الغاز بماء بارد يذهب بتلك الحرارة الناشئة من الضغط ، ثم سمح لذلك الغاز المضغوط بأن يخرج من ثقوب ضيقة إلى منطقة مفرغة أو إلى منطقةٍ الضغط فيها جوّى ، تمدد الغاز وأخذ الطاقةَ التى يحتاجها فى التمدد من حرارته الباطنية فتنخفض درجة حرارته قدراً ما . فإذا أعيد ضغطه فى نفس الأنابيب وتمديدُه فى نفس المنطقة ازدادت درجة حرارته انخفاضاً فى كل مرة حتى يصير من البرودة إلى درجة يسيل عندها

فى تلك المنطقة المفرغة إذا خرج إليها من الثقوب . فإذا كان فى تلك المنطقة وعاء ينتهى بصنبور ، تجمّع الغاز السائل فى الوعاء وأمكن تفريغه من الصنبور . تلك فى صميمها هى طريقة ديُووَرْز فى تسييل الغازات خصوصاً الممكين منها . وهى أسهل وأحسن من طريقة بكْتيه ولذلك قد حلت الآن محلها فى الاستعمال

وقد أمكن بهذه الطريقة تسييل الهواء والإدروجين والهليوم ، إلا أنه قد وجد فى حالة الإدروجين أن لابد من تبريده إلى نحو — ٩٠° م قبل تمديده ، وفى حالة الهليوم أن لابد قبل تمديده من تبريده بالإدروجين السائل .

جدول بدرجات الغليان والتجمد لبعض المواد

المادة	درجة الغليان	درجة التجمد
الماء	+ ١٠٠° مئوية	صفر مئوى
الكحول	+ ٧٨,٥ «	نحو — ١٣٠° م
البنزين	+ ٨٠,٥ «	٥,٤ «
ثانى أكسيد الكبريت السائل	— ١٠ «	— ٧٦ «
الكلور السائل	— ٣٣,٥ «	— ١٠٢ «
النشادر «	— ٣٨,٥ «	— ٧٥,٥ «
ثانى أكسيد الكربون السائل	— ٨٠ «	يتسامى
الأكسيجين السائل	— ١٨٢,٥ «	— ٢٢٣ «
أول أكسيد الكربون السائل	— ١٩٠ «	— ٢٠٧ «
الأزوت السائل	— ١٩٥,٥ «	— ٢١٣ «
الأدروجين السائل	— ٢٥٢,٥ «	— ٢٥٩ «
الهليوم السائل	— ٢٦٨,٥ «	.. ...

حفظ الغازات السائلة : على أنه لابد للغازات من أوعية تحفظ فيها بعد تسييلها . والأوعية العادية لا تغنى شيئاً بالطبع ، إذ سرعان ما تتسرب حرارة الجو

إلى الغازات السائلة من خلالها فلا يبقى منها أثر بعد قليل . وهذا مشكل وفق إلى حله السير جيمز دِيُوَرْز ، فقد هداه التفكير إلى ابتداع أوعية من الزجاج مجوفة الجدران ، مفرغة جدرانها من الهواء . والزجاج كما تعرف ردىء توصيل الحرارة ، و إذا لم يكن بين الجدارين شيء من الغاز تنقلُ جزيئاته الحرارةَ الجوية من خلال الجدار الخارجي ، إلى الغاز السائل من خلال الجدار الداخلي ، بتنقلها بين الجدارين ، فان الغاز السائل لا تكاد تنفذ إليه حرارة الجو إلا من فوهة الوعاء . فاذا ضيقت الفوهة من ناحية ، وسدت بشيء ردىء توصيل الحرارة من ناحية أخرى ، مثل قطن أو نشارة أو نحوها ، فان الغاز السائل ولو كان هواء أو إيدروجيناً سائلا لا يكاد يتبخر منه إلا القليل ، و يظل فى مثل هذا الوعاء محتفظاً بسيولته مدة طويلة . تلك هى الأوعية المفرغة الجدران التى اخترعها ديوورز ليحفظ فيها ما كان سيّله من الهواء والأدروجين ونحوها ، فاستعملها الناس بعد ذلك ليحفظوا فيها السوائل الحارة أو الباردة إذا أرادوا أن يحفظوا عليها حرارتها أو برودتها مدة طويلة .

وقد حُسّنت تلك الأوانى بعد ذلك بتفضيض جدارها أو تمويهها بالزئبق داخل التجويف كى تنعكس عنه أشعة الضوء فلا تصل إلى الداخل ، واستطاعوا بعد ذلك أن يصنعوها من المعدن بدل الزجاج ، وأن يحتفظوا بتجويف جدارها مفرغا من الهواء تمام التفريغ بترك جزء من فحم الخشب بين الجدران ليمتص ما يعجز التفريغ عن إخراجه من بقايا جزيئات الهواء .

<u>بعض فوائد الغازات السائلة</u> : وقد تسأل عن الفوائد التى ترتبت على هذا التعب كله فى تسييل الغازات وتجميعها . فان سألت هذا فقد نسيت أن العلم يبحث أول ما يبحث عن حقائق الكون وأسرار الفطرة ، فان ترتب على هذا البحث فوائد للناس كان ذلك أدعى إلى ارتياحه ، و إن لم يترتب على ذلك فائدة

ظاهرة لم يأسَ العلم على شيء ولم يخفف من جهوده فى البحث شيئاً ، لأن الذى عليه هو أن يكشف أسرار الفطرة للإنسان ، وعلى الإنسان بعد ذلك أن يتعلم كيف ينتفع بتلك الأسرار باستخدامها فى الحياة .

١ — **صنع الثلج** : على أن العمليين من الناس لم يتأخروا عن الانتفاع بما اكتشف لهم العلم من وسائل التبريد والتسييل . ولعل أول ما يمسّكَ من ذلك هذا الثلج الذى تستبرد به فى الحر ، وتستعين به على حفظ الأطعمة فى الصيف فهل تعرف كيف يصنع ؟ إنه يصنع بمعونة بعض تلك الغازات السائلة التى سبق ذكرها لك مثل النشادر أو ثانى أكسيد الكبريت . وأكثر ما يستعمل فى صنعه النشادر : يضغط غاز النشادر فى أنابيب مبردة بالماء حتى تسيل ، وليس الغرض من تبريد الأنابيب بالماء إلا الذهاب بالحرارة التى تنشأ عن الضغط لتقليل الضغط اللازم للتسييل ، وإلا فالضغط وحده كاف لتسييل النشادر فى درجة الحرارة العادية ، وفوق الدرجة العادية بكثير ، إذ درجة النشادر الانقلابية هى ١٣٠° مئوية كما قد عرفت . لكن المسألة هنا ليست مسألة علمية ، ولكن مسألة تجارية . ليست مسألة مجرد تسييل النشادر ، ولكن تسييلها بأقل نفقة مستطاعة . وتبريد النشادر بالماء البارد أثناء ضغطها يقلل الضغط اللازم لتسييلها ويجعل التسييل أقل نفقة . والنشادر السائلة تصب من الأنابيب فى أحواض بها قوالب مملوءة بالماء المراد تجميده ثم يخفف الضغط فوقها بالتفريغ الجزئى فتتبخر ، وتنخفض بالتبخر درجةُ حرارتها انخفاضاً كافياً لتجميد الماء الذى فى تلك القوالب الكبيرة الكثيرة . والنشادر المتبخرة تأخذها المكابس وتضغطها لتسيِّلها مرة أخرى ، وهلم جرا فى حلقة متصلة لا تنقطع إلا عند الفراغ من العمل أو عندما يصنع من الثلج ما يكفى للسوق .

٢ — *حفظ الأطعمة* : وفائدة أخرى للغازات السائلة استعمالها فى تبريد الأطعمة عندما يراد الاحتفاظ بها سليمة مدة طويلة . والإنسان مضطر إلى حفظ الأطعمة على ظهر السفن البخارية البعيدة السفر ، وفى الموانىء والمصانع التى تصنع الأطعمة من زبد وجبن ونحوها وتضطر لتخزينها حتى يتم توزيعها . وتبريد الأطعمة ابتغاء حفظها لا يكون بغمرها بالغازات السائلة طبعاً ، ولكنّ بوضعها فى غرف باردة ، جوها شديد البرودة . هذه الغرف تكون فى العادة مجوفة الجدران أو تجرى حول جدرانها أنابيب يجرى فيها بخار غاز أسيل بالضغط ثم خفف الضغط عنه فتبخّر فازدادت برودته على النحو الذى سبق شرحه . فعلى ظهر كل سفينة كبيرة آلة كابسة ماصة لتسييل الغاز وتبخيره ثم تسييله باستمرار . والغاز البارد يمر فى طريقه إلى المكبس فى الجدران المعدنية المجوفة أو فى الأنابيب حول الجدران ، وفى كلتا الحالتين يبرّد جوّ الغرفة إلى درجة كافية لحفظ المخزون من الطعام . أما الغاز الذى يستعمل لهذا فقد يكون غاز النشادر أو ثانى أكسيد الكبريت ، لكن لما كان لكل من هذين رائحة غير مقبولة إذا تسرب قليل منه إلى الهواء لأى سبب عارض، فقد حتمت بعض الحكومات على سفنها أن تستعمل للتبريد ثانى أكسيد الكربون .

٣ — *تحضير الأكسجين من الهواء* : ومن فوائد تسييل الغازات أن تمكن الإنسان من تحضير الأكسيجين من الهواء . فالهواء كما لعلك تعرف يحتوى فى صميمه على خُمسه من الأكسيجين ، وعلى أربعة أخماسه من الأزوت أو النتروجين . وكان من الممكن قبل الآن تحضير الأزوت من الهواء بإمرار الهواء على جسم مناسب ساخن يتحد بالأكسيجين السهل الاتحاد بالأجسام . لكن هذه الخواص نفسها كانت تحول من قبل دون تحضير الأكسيجين من الهواء على عظم نفعه للإنسان

فى الصناعة وغير الصناعة لو استطاع الإنسان تحضيره رخيصاً من مصدر لا يكلف شيئاً ، مثل الهواء . فلما استطاع الإنسان تسييل الهواء استطاع فصل كل من الأكسيجين والأزوت عن الآخر لاستخدامه فى الصناعة وغير الصناعة . وسر إمكان هذا الفصل تتبينه إذا تأملت درجتى غليان كل من هذين الغازين المذكورتين فى جدول درجات الغليان الذى سبق . فهنالك تجد أن الأزوت السائل يغلى قبل الأكسيجين السائل بنحو ثلاث عشرة درجة . ومعنى هذا أن الهواء السائل إذا ترك يغلى غلياناً خفيفاً ، فأول ما يتصاعد منه الأزوت مختلطاً بقليل من الأكسيجين ، ويتخلف فى الإناء الأكسيجين السائل مختلطاً بقليل من الأزوت . وبطريقة التقطير المُجَزَّأ هذه كما يسمونها أمكن تحضير أكسيجين لا يحتوى إلا على نحو ٧٪ من الأزوت ، فى حين أن الغاز الذى يتبخر من الهواء السائل عند درجة غليانه ، أى عند — ١٩٠° م ، يحتوى على النصف من الأكسيجين والنصف من النتروجين . وهذه النسبة الصغيرة (٧٪) من الأزوت فى الأكسيجين لا تضر شيئاً بأكثر الأغراض الذى يستعمل من أجلها الأكسيجين المضغوط ، فى الصناعة وفى غير الصناعة ، كاستعماله للتنفس فى الغواصات . على أن العالم كلود قد تمكن من تعديل الطريقة السابقة بحيث أصبح من الممكن بطريقته تحضير كلٍّ من الأكسيجين السائل والأزوت السائل نقيًا أو شبه نقى من الهواء السائل ، لكن لا محل الآن لشرح طريقة كلود .

٤ — **امتحان خواص الأشياء فى درجات الحرارة المنخفضة** : على أنه مهما يكن من الفوائد العملية للغازات السائلة فقد فتحت فى العلم باباً واسعاً : باب امتحان خواص الأشياء فى درجات الحرارة المنخفضة ، أو فى درجات البرودة الشديدة ، كما تشاء أن تقول . فقد وجد الأستاذ دِيُوَرز أن التفاعلات الكيمياوية تقف تماماً عند — ١٨٠° م أى فوق درجة غليان الهواء السائل بقليل ؛ ووجد أن

الجراثيم والبذور لا تموت بتبريدها فى الهواء السائل مدة طويلة ؛ ووجد أن بعض المواد ، كالقطن وقشر البيض والجلد ، إذا غمس فى الهواء السائل ثم عرض للضوء لحظات بَرَق بريقاً قوياً فى الظلام ؛ كما وجد أن بعض المواد كالمطاط والحديد إذا بردت فى الهواء السائل صارت هشة كالزجاج فى حين أن البعض الآخر كالرصاص يصبح مطاطاً بتبريده فى الهواء السائل . هذا قليل من كثير مما أدى إليه البحث عن التغير الذى يلحق خواص الأشياء بالتبريد الشديد ، وهو باب لا يزال يتابع البحث فيه العلمـاء .

الفصل الرابع

تغيرات المادة

تغيرات الحالة التى تناولناها بالشرح فى الفصل السابق مَثَلٌ من تغيرات شتى تلحق المادة ولا تتغير بها ماهيتها . فالمـاء مثلاً إذا تجمد أو تبخر لا يخرج عن مائيته و إن خرج عن السيولة ، و يكفى لرده إليها أن يسيح الثلج أو يُـكثف البخار أى أن المـاء لم يتغير تركيبه و إن تغيرت حالته . ومِثل المـاء فى هذا أى مادة تخرج عن حالتها بالتبريد أو التسخين ثم تعود إليها بعكس ذلك ، مع احتفاظها أثناء ذلك كله بتركيبها وماهيتها وخواصها النوعية . أشباه هـذه التغيرات التى تقع بالمـادة من غير أن تغير من ماهيتها وخواصها النوعية شيئاً تسمى **بالتغيرات الطبيعية** .

وهناك طبعاً تغيرات إذا لحقت المادة غيرت من ماهيتها ونوعها وهذه تسمى **بالتغيرات الكيماوية** .

التغيرات الطبيعية : أمثلة أخرى لها :

(١) **تغير الشكل** : كل جسم يتغير شكله من غير أن يتغير نوع مادته فقد تغير تغيراً طبيعياً ، كما إذا سحقت قطعة من السكر مثلاً . وتغيير الحالة يستلزم طبعاً تغيير الشكل .

(٢) **الذوبان** : خصوصاً ذوبان الأجسام الجامدة بشرط أن يكون المحلول الناتج جامعاً بين خواص المذيب والمذاب ، مثل ذوبان السكر أو الملح فى الماء . وفى هـذه الحالة يمكن استرداد كل من المذيب والمذاب ، أى يمكن فصل المحلول إلى مادتيه إن كان مكوناً من مادتين . فالمذيب يفصل بالتبخير ثم تكثيف البخار ، وهو ما يسمى فى العرف والاصطلاح بالتقطير . أما المذاب الجامد إذا لم يكن سهل التطاير كالكافور مثلاً فيتخلف فى الإناء بعد تبخير كل المذيب .

والعمدة فى فصل المذيب من المذاب أن يكون الفرق بين درجتى غليانهما كبيراً ، ولا يهم فى هذه الحالة أن يكون المذاب سائلاً أو جامداً . فإذا أذبنا مقداراً من الزيت مثلاً فى الكحول كان من السهل فصل الاثنين واستردادهما بتقطير الكحول كله . ويتخلف الزيت فى الدست كما يتخلف الملح إذا قطرنا عنه الماء .

أما إذا كان المذيب والمذاب قريبة درجة غليان أحدهما من الآخر ، أو كان المذاب جامدا سهل التطاير ، فان من الممكن أيضاً فصل المحلول إلى مكوناته ، وإن احتجنا إلى احتياطات خاصة فى التقطير .

(٣) تغيُّر درجة حرارة الجسم بالتسخين أو بالتبريد وإن لم تتغير حالته .

(٤) تغير حالة الجسم من حيث الإضاءة وعدم الإضاءة ، وهذا فى العادة يستلزم ارتفاع درجة حرارة الجسم ارتفاعا كبيراً ، كأن يسخن الحداد مثلا قطعة

من الحديد إلى درجة الاحمرار ، فان الحديد فى هذه الحالة لا يتغير نوعه بالإحماء بل يظل حديداً . ومثلٌ آخر من هذا الباب إضاءة المصابيح الكهربائية ، لأن السلك داخل المصباح لا يتغير نوعه ، و إنما يسخنه التيار الكهربائى تسخيناً شديداً حتى يضىء ، فاذا انقطع التيار عاد السلك إلى ما كان عليه .

(٥) تغيُّرُ بعض الأجسام كالحديد من حيث جذبها قطعاً من الحديد وانجذابها إليها ، وهذا لا يكون إلا بمغطسة الجسم أى تحويله إلى مغنطيس ، إما بواسطة مغنطيس آخر بالدلك ، و إما بواسطة التيار الكهربائى .

(٦) تغير بعض الأجسام بالدلك من حيث جذبها أو عدم جذبها قطعاً خفيفة من الورق أو القش الجاف أو نحو ذلك . فاذا دلكنا قطعة **جافة** من الأبنوس أو الخشب أو الكهرمان أو الشمع دلكا شديداً بقطعة **جافة** من الصوف فان الأبنوس أو الخشب أو الكهرمان أو الشمع يكتسب خاصة جذب قطع صغيرة من الورق أو القش أو النشارة الجافة . و يقال فى هذه الحالة إن الجسم المدلوك قد تكهرب بالاحتكاك ، و بعبارة أخرى تحول جزء من الحركة حركة الدلك إلى كهربائية فى المدلوك والمدلوك به ، وتحول جزء إلى حرارة .

(٧) تغير الجسم من حيث الحركة والسكون بقوة مؤثرة فيه .

فهذه كلها أمثلة للتغيرات التى جرى الاصطلاح بتلقيبها بالطبيعية لأن ماهية المادة لا تتغير بها .

التغيرات الكيمياوية : أمثلة لها :

هذه الأمثلة يجب أن يتوفر فيها شرط تغير نوع المادة ، فتصير المادة بعد التغير غيرها قبل التغير فى خواصها الأساسية .

(١) **ظاهرة الصدأ** : وقد جرت العادة فى لغة العلم بتسمية كل ما يظهر

للإنسان من التغيرات الكونية بالظاهرة . فالحديد إذا ترك فى الجو مدة كافية تحول إلى مسحوق محمر قليلاً يسمى صدأ الحديد ، له خواص جديدة غير خواص الحديد .

و إذا وزنا قطعة من الحديد وتركناها فى الجو حتى تصدأ ، ثم عدنا فوزناه وصدأها ، وجدنا وزنها بعد أن صدأت أكبر من وزنها قبل أن تصدأ . هذه الزيادة أتت من اتحاد الحديد ببعض المواد الموجودة فى الهواء مثل الأكسيجين و بخار الماء وثانى أكسيد الكربون . وهذا الاتحاد بين مادة وأخرى بحيث تتغير به ماهية كل منهما ، و بحيث ينشأ مكانهما مادة جديدة ذات خواص غير خواصهما ، يسمى بالاتحاد الكيمياوى كما يسمى التغير نفسه بالتغير الكيمياوى .

ومثل صدإ الحديد صدأ النحاس المعروف « بالجنزرة » .

(٢) إذا سخنا الرصاص أو القصدير أو النحاس أو الزنك (الخارصين) أو الزئبق أو ما يشبهها فى الهواء فإن الرصاص أو القصدير الخ يتحول بالتدريج إلى مسحوق يزداد مقداره كلما قلبنا الجسم المسخن فى الهواء ، أى كلما عرضنا جزءا جديداً منه للهواء . هذا المسحوق يخالف الجسم قبل التسخين تمام المخالفة فى الخواص . وهو دائماً أثقل وزناً من الجسم قبل التسخين بفرض أن الجسم تحول كله إلى مسحوق . هذه الزيادة فى الوزن آتية من أن الجسم اتحد بالأكسيجين الذى فى الهواء اتحاداً نشأ عنه المسحوق . لذلك يسمى المسحوق أكسيد الجسم : أكسيد الرصاص أو أكسيد القصدير أو أكسيد النحاس الخ . فأكسيد أى معدن أو أى عنصر معناه جسم جديد نشأ من اتحاد العنصر بالأكسيجين اتحاداً كيمياويا . ومعنى الاتحاد هنا هو نفس معناه الوارد فى تعريفات السيد الجرجانى حيث يقول ما معناه : (الاتحاد هو أن تصير الذاتين واحدة ، ولا يكون إلا فى العدد من اثنين فصاعداً) . فالأكسيجين والرصاص أو الحديد الخ يصيران

بالاتحاد الكيمياوى ذاتاً واحدة جديدة تسمى أكسيد الحديد أو أكسيد الرصاص الخ .

(١) **ظاهرات الاحتراق** : جميع ظاهرات الاحتراق هى ظاهرات كيمياوية لأن التغير فيها يتغير به نوع المادة المحترقة ونوع المادة المحترق فيها، وتنشأ من بينهما مادة أو مواد أخرى تخالفهما كل المخالفة . فالخشب بعد احتراقه لا يكون خشباً . وكذلك كل مادة قابلة للاحتراق كالورق والسكر والزيت والشمع .

وما يحدث أثناء الاحتراق فى الهواء هو اتحاد عناصر الجسم المحترق ، كلها أو بعضها ، بالأكسيجين الموجود طليقاً فى الهواء ، مكونةً مادة أو أكثر تخالف كلا من الأكسيجين والمادة المحترقة مخالفة تامة . فالأكسيجين الموجود فى الهواء بنحو الخمس من حيث الحجم ضرورى للاحتراق ، بحيث لا يكون احتراق ما لم يكن هناك هواء كاف متصل بالجسم المحترق . والمقصود بالهواء للاحتراق هو الأكسيجين الذى فيه . وقد أدرك الإنسان ضرورة الهواء للاحتراق بالتجربة ، ولذا تراه يعرض النار لتيار الهواء أو يُرَوِّح عليها بمنفاخ أو نحوه استعانة بالهواء على إشعال النار . والاحتراق فى الأكسيجين الخالص أشد كثيراً من حيث الحرارة والضوء والسرعة منه فى الهواء ، حتى أن شظية الخشب المتوقِّدة الطرف إذا عرض طرفها المحمر للأكسيجين الصرف انبثق مشتعلا ؛ وهـذه هى طريقة تمييز الأكسيجين من غـيره من الغازات ، لا يشرَكه فيها إلا غاز واحد هو أحد أكاسيد الأزوت . وسر مشاركته الأكسيجين فى هـذه الخاصة أن الجمر يحاله بسهولة ويأخذ أكسيجينه فيشتعل .

ونواتج احـتراق الجسم تـكون دائما أكبر وزنا من الجسم قبل احتراقه ، والزيادة آتية من وزن الأكسيجين المتحد بعناصر الجسم عند الاحتراق . أما ما يبدو من اختفاء الجسم المحترق أكثره أو كله بالتدريج فراجع إلى أن نواتج

الاحتراق جلها أو كلها غازات أو أبخرة لا تراها العـين ، والعين لا ترى من الغازات إلا ماله لون مثل غاز الكلور الأخضر المصفر ، أما أكثر الغازات فلا لون له ، ومن أجل ذلك لا تراها العين كما لا ترى الهواء مثلا .

والعناصر القابلة للاحتراق إذا اتحدت بالأكسيجين أثناء الاحتراق كونت مركبات جديدة هى أكاسيد هذه العناصر . فالكربون مثلاً وهو المادة السوداء فى الفحم وفى السناج يكون أكسيدين : أكسيد الكربون الأول وأكسيد الكربون الثانى . وثانيهما فيه نسبة مقدار الأكسيجين إلى الكربون بالوزن ضعف مثلها فى الأول ، أو بالأحرى إذا نسبنا كل عنصر فى الثانى إلى مثله فى الأول وجدنا نسبة الكربون فيهما واحدة ونسبة الأكسيجين متضاعفة ، ولذلك كان أول أكسيد الكربون قابلا للاحتراق لأنه قابل للاتحاد بالأكسيجين ليكوّن ثانى أكسيد الكربون غير القابل للاشتعال ؛ وعدم قابليته للاشتعال راجع إلى أن ليس هناك أكسيد ثالث للكربون يتكون باحتراق ثانى أكسيد الكربون فى الأكسيجين . وأول أكسـيد الكربون غاز سام لأنه يتحد بكريات الدم الحمراء ويمنعها من الاتحاد بالأكسيجين عند التنفس . أما ثانى أكسيد الكربون فهو ليس بسام ولكنه غاز خانق لا يشتعل ولا تشتعل فيه الأجسام ، فمثله فى ذلك كمثل الماء

والإدروجين عنصر غازى قابل للاشتعال ، وهو إذا اشتعل اتحـد بالأكسيجين وكون الماء : فالماء إذن هو أكسيد الإيدروجين .

نظرية الفلوجستون للاحتراق : وقد جاء على العلماء وقت أساءوا فيه تعليل ظاهرة الاحتراق وظنوها راجعة إلى خروج جوهر أثناءه من الأجسام المحترقة سموه بالفلوجستون أو روح النار ؛ فكان كل جسم قابل للاحتراق عندهم عبارة عن ناتج الاحتراق زائداً روح النار تلك أو الفلوجستون ؛ حتى العناصر مثل

الرصاص والحديد كانت فى رأيهم مركبة من رمادها والفلوجستون . فإن لم يكن للاحتراق فى رأى عينهم ناتج فالجسم فلوجستون صرف . ورأيهم ذلك معروف فى تاريخ الكيمياء بنظرية الفلوجستون . وقد سادت هذه النظرية عالم الكيمياء حقبة طويلة وتغلبت فى الأول على كل صعوبة ؛ أى أمكن العلماء فى الأول أن يفسروا كل ظاهرة طبقاً لها . ففسروا مثلاً عدم احتراق الأجسام المعزولة عن الهواء فى أوان مغلقة بأن حبسها فى تلك الأوانى حبسٌ للفلوجستون فلا يجد إلى الهواء مخرجاً ، ولا بد فى رأيهم للفلوجستون من مخرج إلى الهواء قبل أن تتكون بمخرَجه النار . وقد خدمت تلك النظرية العلم بربطها بين كثير من الحقائق المتفرقة وبتنبئها بحقائق لم تكن معروفة من قبل : كتنبئها مثلاً بأن رماد المعادن الذى كان يسمونه فى ذلك الوقت كلساً ، إذا سخن مع الفحم أو الخشب عاد معدناً كما كان : رماد الرصاص أو كلسه يعود إلى رصاص ، ورماد النحاس يعود إلى نحاس وهلم جرا . ونحن الآن نعرف أن هـذا راجع إلى انتزاع الفحم أو الخشب الأكسيجينَ من أكسيد المعدن ، فيتحول الأكسيد إلى المعدن ويتحول بعض الفحم أو الخشب إلى أكسيد الكربون . لكنهم كانوا يفسرون ذلك بأن الكلس يسترد من الفحم أو الخشب ما فقده من الفلوجستون أثناء احتراق المعدن أو بالاحرى تكليسه فيعود رصاصاً أو نحاساً الخ كما كان . وما زالت تلك النظرية سائدة حتى انتبه العلماء إلى وجوب استعمال الميزان فى دراسة الظواهر الكيمياوية ، وحتى اكتشف الأكسيجين فى عصر لفوازييه ، وأثبت لفوازييه ما سبق أن نبهنا إليه من أن نواتج الاحتراق أثقل دائماً منها قبل الاحتراق فى حين أن نظرية الفلوجستون تقضى بأن تكون النواتج أخف من الجسم ما دام الجسم يفقد جوهر الفلوجستون أثناء الاحتراق . وإلى لفوازييه ترجع تجربة الشمعة الشهيرة التى أثبت بها أن الشمعة ونواتج احتراق ما احترق منها أثقلُ من الشمعة كلها قبل

أن يحترق منها شيء بأن عادل بين كفتى ميزان فى إحداها الشمعة معلقاً فى العاتق فوقها شبكةٌ معدنية تحتوى على قطع من الصودا الكاوية التى من خواصها أن تمسك ما يمر عليها من بخار الماء وثانى أكسيد الكربون الناتجين من احتراق الشمعة . فلما أشعل الشمعة رجحت كفتها بعد فترة قصيرة وشالت كفة الصنجات وكان مقتضى فناء الشمعة كلها أو أكثرها كما يبدو للعين أن يحدث العكس ، أى أن تشيل كفة الشمعة وترجح كفة الصنج بعد الاشتعال . فلما أثبت هذا لفوازييه وأثبت بتجارب أخرى أن الزيادة فى وزن الجسم أثناء الاحتراق يقابلها نقص فى وزن أكسيجين الهواء يساوى تلك الزيادة بالضبط ، عرف يقيناً أن الاحتراق ليس راجعاً إلى فقدان الفلوجستون ولكن إلى الاتحاد بالأكسيجين ، فسقطت نظرية الفلوجستون وحلت محلها الحقيقة ، ولكنها ككل نظرية مهمة لم تسقط حتى خدمت العلم ومكنته من التقدم فى طريقه خطوات .

(٤) **ظاهرة التعفن** : من المشاهد أن أجزاء النبات أو الحيوان إذا تعفنت تحللت إلى غيرها وخرجت عن نوعها . فالتغير الحادث فيها هو تغير كيمياوى . هذا التعفن يكون بواسطة كائنات دقيقة موجودة فى الهواء وفى الأرض تعرف بالجراثيم يتحلل الجسم بواسطتها . هذه الجراثيم تعيش على الجسم المتعفن وتتكاثر فتأخذ بعضاً من عناصره وتسبب اتحاد بعضٍ بالأكسيجين تدريجاً . والأكسيجين اللازم لها أثناء التعفن تأخذه بالتدريج من الهواء الذى يتخلل مسام القشرة الأرضية إذا حدث التعفن تحت ظهر الأرض . والاتحاد بالأكسيجين يستلزم دائماً خروج حرارة ، إلا أنه لما كان الاتحاد بالأكسيجين هنا بطيئاً فإنه لا تظهر معه إلا حرارة تناسب ذلك ، لا كتلك الحرارة الشديدة التى تحدث عند الاتحاد السريع المعروف بالاحتراق . وهذا هو السبب فى اعتبار ظواهر التعفن من بين أمثلة الاحتراق البطيء .

على أن هناك جراثيم لا تحتاج فى تحليلها أجزاء النبات والحيوان المدفونة إلى أكسـيجين . وكل من نوعى الجراثيم ، المؤكسِد وغير المؤكسد ، موجود فى الأرض يتمم عمله عمل الآخر .

ونتيجة تعفن الأجسام الميتة هى تحول إدروجينها فى النهاية إلى ماء ، وكربونها إلى ثانى أكسـيد الـكربون ، وأزوتها أو نتروجينها إلى بعض أملاح الأزوت المعروف بالأزوتات أو النترات ، وقد يتحول بعضه إلى أزوت أو نشادر يصعد فى الهواء ، وتحول العناصرِ الأخرى كالفسفور والـكبريت والـكالسيوم والحديد إلى أملاح مثل فسفات الـكالسيوم ، تبقى مع الأزوتات فى الأرض مكونة تراب الجسم أو رميم الجسم . أما بخار الماء وثانى أكسيد الـكربون فيصعدان إلى الهواء .

(٥) **ظاهرات التغذى** : الجسم الحى يتغذى ، أى يأكل الطعام ويهضمه ويمثِّله أى يحول مهضومه إلى أجزاء من جسمه ؛ فإذا كان نباتاً حوله إلى جذر أو ساق أو ورق أو زهر أو ثمر ، وإذا كان حيواناً حوله إلى عضل أو عصب أو عظم أو جلد أو دم الخ .

فعملية الهضم فى الحيوان عملية كيمياوية يخرج بها الطعام عن ماهيته ونوعه ويتحول إلى مواد سهلة الامتصاص سهلة التمثيل ، فهى عملية تحليلية . أما عملية التمثيل وتحويل المهضوم إلى جزء من الجسم فهى عملية كيمياوية تركيبية : تركب بها خلايا الجسم من مهضوم الطعام ومن الأكسـيجين الذى يحمله الدم من الرئة ومن المـاء الذى فى الدم — تركب من هـذا كله مواد معقدة يزداد تعقيدها شيئاً فشيئاً حتى تصير فى التعقيد كالجزء أو الأجزاء المحولة إليـه من الجسم . وهذه العملية يصحبها دائماً عملية تحليلية ؛ هى عملية احتراق بعض مهضوم الغذاء فى الخلايا لتتولد الطاقة اللازمة للجسم فى أعمـاله الباطنية من إفراز وتمثيل وغيرها ، وفى أعماله الخارجية .

ومن آيات الله فى الخلق أن النبات لا يتغذى بما يتغذى به الحيوان ، وأن الحيوان لا يتغذى بما يتغذى به النبات . فالنبات يتغذى بمواد بسيطة التركيب نسبيًا كالماء وثانى أكسيد الكربون الناتج من احتراق المواد العضوية أو تعفنها وكالأملاح الموجودة فى الأرض ، سواء أكان مصدرها التعفن أو غيره ، وكالأكسيجين الموجود فى الهواء . أما الحيوان فيتغذى بالنبات أو بما ينتجه النبات . لا يستطيع النبات على العموم أن يتغذى بنبات مثله ولا من باب أولى بحيوان ، بل لابد من تحلل الحيوان أو النبات الميت تحللا تاما بالتعفن قبل أن يستطيع النبات تغذيا به : أى أن النبات يتغذى بنواتج تعفن النبات أو الحيوان لا به . ومن الناحية الأخرى لا يستطيع الحيوان أن يتغذى بنواتج التعفن هذه من ماء وثانى أكسيد كربون وأملاح إلا إذا ركبها النبات مرة أخرى وحولها إلى أغذية نباتية . فالجراثيم تتغذى ببعض الجسم الميت أثناء تعفينه ، والنبات يتغذى بنواتج التعفين هذه ، والحيوان يتغذى بالنبات ، و إذا مات أو مات النبات تغذت به الجراثيم وهلم جرا — سلسلة متصلة من ظواهر الحياة والموت بعضها ضرورى لبعض . أدناها ضرورى لأعلاها . فلو انعدمت حلقة حياة الجراثيم لانعدمت حياة النبات بعد أجلٍ تتكدس فيه أموات الحيوانات والنباتات فى الأرض ، وتنحبس فى تلك الأموات جميع العناصر اللازمة لحياة النبات كأنما أغلق عليها بقفل ضاع مفتاحه ، وما مفتاحه إلا تلك الجراثيم . و إذا انعدمت حياة النبات فستنعدم بالتدريج حياة الحيوان التى تقوم فى صميمها على منتجات النبات .

فالمادة دائماً فى تغير تتناوبها التغيرات الطبيعية والتغيرات الكيمياوية ، سواء أقارنتها الحياة أم فارقتها . ولكل من نوعى التغيرات عمله ومكانه فى الحياة على ظهر الأرض ، لكن التغيرات الكيمياوية هى من غير شك أهم الاثنين .

الفصل الخامس

أنواع المادة

المادة تنقسم إلى أنواع كثيرة كل نوع يختلف عن غيره فى الخواص . لكن من الممكن حصر هذه الأنواع فى قسمين عامين : —

الأول : أنواع بسيطة لا يمكن تحليلها إلى أبسط منها وتسمى **بالعناصر** .

الثانى : أنواع غير بسيطة يمكن تحويل كل منها إلى أبسط منه وتسمى **بالمركبات** .

١ — العناصر

كان قدماء الفلاسفة من اليونان وغيرهم يرون أن الأشياء كلها مكونة من عناصر أربعة : التراب والماء والهواء والنار . فكان التراب عندهم يمثل كل جامد ، والماء يمثل كل سائل ، والهواء يمثل ما ليس بجامد ولا سائل كالأبخرة والسحب والأنفاس ، والنار تمثل الشمس أو الحرارة والضوء . ولا ندرى بالضبط ماذا كان يريد القدماء بكلمة عنصر فى نظريتهم هذه . والحكم على نظريتهم هذه من حيث ما فيها من حق أو باطل يتوقف كثيراً على ما كانوا يريدون بهذا اللفظ ؛ فإن كانوا يريدون به كل ما يدخل فى تركيب غيره بقطع النظر عن تركيبه هو و بقطع النظر عن كيفية دخوله فى تركيب غيره ، فإن فى نظريتهم تلك كثيراً من الحق إذ من الثابت الآن أن الأجسام الحية على الأخص مردها كلها إلى التراب والماء والهواء وضوء الشمس . أما إذا كانوا أرادوا بالعنصر كل ما هو أبسط من غيره ،

أو أرادوا أن تلك الأشياء الأربعة تحتفظ بخواصها الذاتية إذا دخلت فى تركيب غيرها ، فإنه لايكاد يكون فى نظريتهم تلك شىء من الصواب ، لأن تلك الأشياء الأربعة لا تحتفظ بخواصها إذا دخلت فى تركيب غيرها ولأنها فى ذاتها مركبة بل هى معقدة التركيب . وقد يكونون لم يريدوا فى الأول أكثر من تقسيم للأشياء إلى ما يشبه التراب فى الجمودة ، والماء فى السيولة ، والهواء فى التمدد والانتشار ، والنار فى الحرارة والإضاءة ، فتكون نظريتهم تلك فى الأول لا تزيد عما يشبه تقسيمنا الأشياء اليوم إلى مادة وطاقة من ناحية ، وتقسيمنا المادة إلى جامدة وسائلة وغازية من ناحية أخرى . قد يكونون لم يريدوا أكثر من هذا فى الأول فيكونون قد أصدروا فى رأيهم هذا عن استقراء ومشاهدة ثم غلبهم طبعهم ورغبتهم فى الوصول إلى كنه الأشياء عن طريق مجرد التفكير والظن الذى لا يستند من المشاهدة إلى قليل ولا كثير ، فتوسعوا فى رأيهم ذلك عن طريق الحدس والرجم بالغيب وقالوا إن التراب داخل فى تركيب كل جامد ، والماء فى تركيب كل سائل ، والهواء فى تركيب كل متطاير منتشر ، والنار فى تركيب كل شىء له من الحرارة أو من الإضاءة أو من كليهما نصيب ؛ ثم ترقوا فى التعميم فجعلوا الكائنات كلها حية أو غير حية مزيجاً من تلك الأشياء ، أو العناصر الأربعة فى رأيهم ، وإن بنسب مختلفة . وحكموا حتى على الناس بما ظنوا أنه يغلب عليهم منها : فجعلوا للترابيين أو الهوائيين أو المائيين أو الناريين ما خيل لهم الوهم ، وما ظنوا أنه بالتراب أو بالهواء أو بالماء أو بالنار أشبه . ومهما يكن من نشأة نظرية العناصر الأربعة تلك ، ومن تقلبها فى التاريخ أو تقلب التاريخ بها ، فإنها فيما يبدو كانت من أقدم النظريات وأعمها وأوسعها انتشاراً ؛ قد قال بها فلاسفة الهند كما قال بها فلاسفة اليونان . وقد زاد فلاسفة الهند كما زاد فلاسفة اليونان على تلك العناصر الأربعة عنصراً خامساً ألطف منها جميعاً ردوها كلها إليه ، وأنزلوه

منها منزلة خلاصة الشيء من الشيء . لكن هذا كله كما ترى ظن وتخمين لا يستند من الواقع إلى شيء .

ثم جاء كيمياويو العصور الوسطى أو كيمياويو التحويل ، تحويل المعادن إلى ذهب أو فضة ، فنبذ أكثرهم نظرية العناصر الأربعة لغير ما حكمة أو فائدة ظاهرة واستبدلوا بها نظرية العناصر الثلاثة : الملح والزئبق والكبريت . وكانت نظريتهم هذه نظرية رمزية أيضاً ، فكان الملح عندهم رمزاً للجوامد ، والزئبق رمزاً للموائع والسوائل والأبخرة ، والكبريت رمزاً لقابلية التحويل إلى ماهو حار بالاحتراق ؛ واستمر الأمر هكذا فوضى لا يُرجع فيه إلى ثابت من القول حتى بدأ العلم الحديث وجاء روبرت بويل ومن لفّ لِفّه فى القرن السابع عشر فنادوا بوجوب طلب الحقيقة للحقيقة لا للمنفعة ، و بوجوب الاحتكام إلى المشاهدة والتجارب عند اختلاف الرأى ، وأدخلوا على الفوضى الضاربة عنصر التنظيم .

وكان من أول ما حاولوا به تنظيم علم الكيمياء تقسيمهم المواد إلى بسيطة ومركبة و إلباسهم كلمة عنصر معناها الحديث : كل ما لم يمكن تحليله إلى أبسط منه فهو عنصر ، وكل ما أمكن تحليله إلى أبسط منه فهو مركب . وجاء لافوازييه بعد بويل بقرن فأكد من تعريف العنصر توقفه على مقدرة الإنسان التحليلية ، وأنكر من أجل ذلك أن يقال فى تعريف العنصر إنه ما لا يمكن تحليله أبداً لأن فى هـذا افتئاتاً فى الحكم على مقدرة الأجيال المستقبلة ، فلعل ما استعصى على التحليل من قبل لا يستعصى عليه من بعد إذا تقدم العلم وارتقت فيـه وسائل التحليل ، فيصبح ما كان عنصراً بسيطاً فى حكم جيل من العلماء شيئاً مركباً من عنصرين على الأقل فى حكم الأجيال التى تليه . وقد حـدث ذلك بالفعل ؛ وقد يحدث فى المستقبل كما حدث فى الماضى . فالماء الذى كان يعتـبر بسيطاً فى عرف القدماء وفى عهد بويل أصبح من المركبات بعد أن حاله كَفِنْدِش فى

أواخر القرن الثامن عشر إلى عنصريه الإدروجين والأكسيجين ، و بعد أن ركبه منهما ؛ أى أن كون الماء مركباً قد ثبت فى العلم عن طريق كل من التحليل والتركيب . وقد ثبت بالتحليل والتركيب كليهما أن الماء مكون من العنصرين الغاز بين الإدروجين والأكسيجين بنسبة ٢ : ١ حجما و ١ : ٨ وزناً على الترتيب .

ومثل الماء فى هذا جميع ما كان يسمى عنصراً قبل عهد بويل إلا الزئبق والكبريت (كبريت العمود) فقد استعصيا على التحليل إلى الآن . فالملح ، ملح الطعام ، قد ثبت أنه مركب من عنصرين سامين : غاز خانق اسمه الكلور إشارة إلى لونه المخضر ، وجامد لدن سهل الاشتعال فى الهواء وفى الكلور اسمه الصديوم ؛ وإذا اشتعل فى الكلور كوّن الملح ، لكن إذا اشتعل فى الهواء كون شيئاً آخر عنصراه الأكسيجين والصديوم ولذا يسمى أكسيد الصديوم . أما الهواء فقد ثبت أنه مخلوط معقد ، وأما التراب فقد ثبت أنه مخلوط أعقد ، وأما النار فتحتوى على أجسام تختلف باختلاف الظروف ، بعضها يكون فى حالة التحليل ، و بعضها يكون فى حالة التركيب ، وفى أثناء التحليل والتركيب تخرج الحرارة والضوء اللذان هما قوام النار . و بثبوت تركيب الماء والهواء والتراب والنار خرجت هذه من العناصر إلى الأبد ودخلت فى عداد المركبات أو المخاليط ، ومثلها فى هذا عدة مواد كالجير الحى والمانيزيا والصودا الكاوية كانت تسمى عناصر فى عهد لفوازييه ثم أمكن تحليلها بعد فخرجت من العناصر ودخلت فى المركبات .

فالعنصر **هو كل مادة لم يتمكن الإنسان من تحليلها الى الآن** .

والمواد التى لم يتمكن الإنسان من تحليلها إلى الآن كثيرة تبلغ نحو تسعين عنصراً ليس فيها سوائل إلا اثنان ، أحدهما معروف مشهور هو **الزئبق** ، والثانى غير

مشهور يسمى **البروم** ؛ وهو سائل محمر أثقل من الماء سهل التبخر ، بخاره برتقالى اللون خانق مثل الكلور . أما بقية العناصر فكلها ما بين جامد وغاز ، إلا أن الغازات من بينها لا تكاد تتجاوز العشرة ؛ منها ثلاثة مشهورة كثيرة هى الأكسيجين والأزوت والإدروجين ، واثنان أقل من هذه شهرة هما الكلور الداخل فى تركيب ملح الطعام ، وآخر اسمه الفلور يشبهه فى الخواص وإن كان أكثر منه فاعليّة ، وباقى العناصر الغازية قليل نادر وإن اختلفت فى الندرة والقلة : أحدها وهو **الهليوم** قد اكتشف أول ما اكتشف فى الشمس ، ومن هنا جاء اسمه ومعناه « الشمسى » ثم اكتشف بعد فى الأرض محبوساً فى بعض الركاز أو ذائباً فى بعض الينابيع الموجودة على الأخص فى أمريكا ، ومنها يستخرج لتملأ به جيوب المناطيد ، ثم اكتشف فى الهواء مع أربعة غازات أخرى تشبهه ، ونسبتها كلها فى الهواء صغيرة جدا تنقص قليلاً عن ١ ٪ بالحجم وتزيد قليلاً عن ١½ ٪ بالوزن ، وأهمها وأكبرها نسبة **الارجون** فإن نسبته فى الهواء نحو ١ ٪ بالوزن . وقد اكتشف هذه الأربعة السير وليم رمزى فى الأثارة المتخلفة من الهواء السائل بعد تطاير الأزوت والأكسيجين .

ومن الغريب أن العناصر الغازية ليس فيها ما يتفاعل مع غيره إلا الخمسة المشهورة : الأكسيجين والأدروجين والأزوت والكلور والفلور . أما بقيتها كالهليوم والأرجون فلا تتفاعل مع شىء من العناصر الأخرى مطلقاً ، أو بالأحرى قد عجز الإنسان إلى الآن عن حملها على التفاعل مع غيرها بأى وسيلة من الوسائل ؛ ولذا فقد ضم بعضها إلى بعض وجعل منها طائفة واحدة سماها طائفة **الغازات الهامدة** ، ولولا حركتها التنقلية السريعة بحكم طبيعتها الغازية لسميت بالغازات الميتة ، وهى كيماويًّا ميتة ليس بها على الاتحاد بغيرها مقدرة ولا طاقة ، وإن كانت طبيعيًّا غير ميتة

لأنها كغيرها من الغازات متحركة غير ساكنة .

و ينتج من الإحصاء المتقدم أن أكثر العناصر جوامد بعضها معروف مشهور كالحديد والنحاس والقصدير والرصاص والزنك والألومنيوم والذهب والفضة والكبريت (العمود) والفسفور والزرنيخ ، و بعضها أقل شهرة كالمغنزيوم والصديوم والبوتاسيوم والكلسيوم والبلاتين والكربون واليود والسليكون . وأكثر هذه العناصر التى ذكرنا لك قد سمعت به من غير شك لكن ما لم تسمع به منها موجود فى مركبات تعرفها وتألفها . فالكالسيوم مثلاً موجود فى الجير ، إذ الجير الحى مركب من الأكسيجين والكلسيوم يسمى من أجل ذلك فى اصطلاح الكيمياويين بأكسيد الكالسيوم . والسليكون الذى لعلك لم تسمع به قط موجود فى الرمل ، إذ الرمل هو أكسيد السليكون ، كما أن الجير هو أكسيد الكلسيوم .

على أن للعناصر تقسيما آخر يُنظر فيه لا إلى الحالة ولكن إلى مجموع الخواص . ذلك هو تقسيمها إلى **فلزات** و **لا فلزات** . والفلز فى اللغة نحاس أبيض تجعل منه القدور المفرغة ، فاستعير فى الاصطلاح لكل ماله خواص النحاس من قابلية للصقل والسّبك وللطّرق صفائح والسحب أسلاكاً ، ومن جودة التوصيل للحرارة والكهربائية . فكل ما يسمى فى العرف معادن — وقد استعملنا هذه الكلمة من قبل بهذا المعنى العرفى — هو فى الاصطلاح فلزات أو سبيك من الفلزات . و إذا تركنا السبائك كالبرنز جانباً كان ما يسميه العرف معادن هو عناصر فلزية : كالحديد ، والذهب ، والفضة ، والألومنيوم ، والمغنزيوم ، والرصاص ، والقصدير ، والزنك ، أو الخارصين . فكل هذه وكثير غيرها لها تلك الخواص و إن بدرجات مختلفة . إلا أن هناك عناصر أشبهت هذه فى أكثر تلك الخواص الطبيعية فألحقت بها وحشرت معها فى الفلزات ، كالصديوم والبوتاسيوم

والكاسيوم والزئبق ، فإن قابلية الصديوم والبوتاسيوم للطرق والسحب ضعيفة ، والزئبق ليس له من ذلك شيء حتى لقد مر عهدٌ أبى كثير من الكيمياويين فيه أن يحسبوه لذلك من الفلزات إلى أن جُمّد فى سنة ١٧٥٩ بالتبريد الشديد ووجد قابلاً للطرق وهو جامد فأدخلوه فى الفلزات . لكن المعيار ليس هو الاشتراك فى جميع الخواص ولكن فى أكثرها ، والزئبق و إن كان سائلاً مشترك مع الفلزات فى أكثر الخواص كالبريق أو الصقل وجودة التوصيل للحرارة والكهربائية . وهناك عناصر كاليود تشترك فى بعض صورها مع الفلزات فى أقل خواصها الطبيعية ، ومع ذلك فهى بحكم غالب خواصها تعتبر فى اللافلزات .

على أن الشبه بين بعض الفلزات و بعضٍ أشد وأعمق مما سبق ، فإن مجموع الخواص يجب أن يشمل الخواص الكيمياوية كما يشمل الخواص الطبيعية . والخواص الكيمياوية هى تلك التى تتغير بها ماهية المادة بخلاف الطبيعية كما هو معروف . وأهم الخواص الكيمياوية التى تشترك فيها الفلزات على العموم هى تكوينها مركبات تشبه ملح الطعام من نواح عدة ليس منها الطعم ، ولذا تعرف بالأملاح . والفلزات تكون الأملاح بطرق شتى : تارة بتفاعلها هى مع الأحماض ، وتارة بتفاعل أكاسيدها مع الأحماض ، وتارة بتفاعل مركباتها الإدروجينية الأكسيجينية المعروفة **بالإدركسيدات** مع الأحماض ، وتارة بتفاعلها هى مع بعض اللافلزات كما تتفاعل الصديوم مع الكلور لتكون ملح الطعام . و إذا حكم على الفلزات بالناحية الكيمياوية كان بعض العناصر التى بدا فيما سبق أنها ضعيفة الفلزية من الناحية الطبيعية كالصديوم والكاسيوم أمكن كثيراً فى الفلزية من بعضها الآخر كالرصاص والقصدير .

اللافلزات : والتقسيم المنطقى يقضى طبعاً بأن اللافلزات هى كل ما عدا الفلزات ، و يقضى أيضاً بأن يكون اللافلز ضد الفلز فى الخواص ، وهذا فى الجملة

صحيح . فاللافلزات على العموم ، كالعناصر الغازية والبروم واليود والكبريت والفسفور والكربون ، غير قابلة للطرق ولا للسحب ولا للصقل ولا للسبك ، ولا هى جيدة التوصيل للحرارة والكهربائية . هـذا صادق على العموم و إن كان هناك بعض الشذوذ ، فإن المتبلور من اليود والكبريت والكربون مثلا يلمع و يبرق كالجسم الصقيل . إلا أنه يجب أن يكون اللافلز متبلوراً قبل أن تكون له هذه الخاصة ، بخلاف الفلز الذى يبرق و يلمع حتى ولو كان سائلا . والكربون مع عراقته فى اللافلزية يشذ فى بعض صوره المتبلورة فى أكثر من خاصة . وللكربون صورتان متبلورتان على الأقل : ألماس والجرافيت ؛ فان الماس ما هو إلا كربون متبلور ، وأى شىء أكثر بريقاً أو لمعاناً من الماس ؟ لكن الماس لايوصل الحرارة والكهرباء . أما الجرافيت فهو مع بريقه يوصل الكهرباء جيداً والحرارة ، لكن نعود فنقول إن هذا الشذوذ ، أو بالأحرى هـذا الاشتراك مع الفلزات فى الصقل والتوصيل ، أقرب إلى أن يكون من خواص الصورة لا من خواص العنصر فى ذاته لأن غير المتبلور من اللافلزات كلها ، كربون أو غير كربون ، ليس له من البريق ولا من جودة التوصيل نصيب ، فى حين أن الفلزات براقة جيدة التوصيل على أى صورة كانت ، متبلورة كانت أو غير متبلورة ، جامدة كانت أو منصهرة . فالعبرة فى الحكم من هـذه الناحية الطبيعية هى بمجموع الخواص فى أغلب أحوال العنصر .

على أن الخواص الكيمياوية لها هنا من الأهمية ما وجدنا لها فى الفلزات ؛ فاللافلزات لا تكوّن مع الأحماض أملاحا كما تفعل الفلزات بل هى فى ذاتها أساس **الأحماض** كما أن الفلزات هى أساس **القواعد** . و بين الأحماض والقواعد من التضاد ما بين الفلزات واللافلزات . و إذا سألت عن الأحماض ما هى ، فلعل خير ما تجاب به أنها مركبات إدروجينية دائماً ، أكسيجينية غالباً ، تتحد كيمياويًّا

مع أكاسيد الفلزات مكونة بذلك أملاحا وماء . وإذا سألت عن **القواعد ماهى** فلعل خير ما تجاب به أنها مركبات أكسيجينية دائما ، إدروجينية غالباً ، تتحد مع الأحماض مكونة بذلك أملاحا وماء ، أوكما يعبر عنها الكيمياويون :

حمض + قاعدة = ملحاً + ماء

فأنت ترى أن هناك شيئاً من الدور أو الغموض فى هـذا التقسيم ، تقسيم العناصر إلى فلزات ولا فلزات ، وهو فى الواقع تقسيم غير دقيق لأنه حاول أن يكون دقيقاً من الناحية المنطقية فجاء غير دقيق من الناحية الواقعية ، إذ الواقع أعقد كثيراً مما يقتضيه المنطق ؛ يريد المنطق أن يقسم كل شىء إلى صنفين متضادين ، مثبَت ومنفىّ ، فلز ولا فلز ، ويأبى الواقع فى كثير من الأحوال هذا النوع من التقسيم ، إذ هناك من الأشياء ما يشترك مع أحد الصنفين فى بعض الخواص ومع ضده فى بعض . والتقسيم المنطقى سهل دائما إذا جعلنا أساسه خاصة **واحدة** نثبتها لفريق وننفيها عن غيره ، لـكن العـلم فى التقسيم ينظر إلى مجموع الخواص لا إلى خاصة واحدة . والنظر فى التقسيم إلى مجموع الخواص لا إلى واحدة منها دل على أن سنة الفطرة التدرج لا التضاد ، فالأشياء أقرب إلى أن تكوّن سلسلة متصلة لا قطبين متضادين ، ومن يدرى ؟ لعلها أقرب إلى أن تكوّن حلقة مفرغة لا سلسلة منقطعة الطرفين . وعلى أى حال فأقرب إلى الدقة أن يقال إن العناصر تكوّن شبه سلسلةٍ الفلزاتُ فى طرف منها ، وأضدادها فى طرف ، وبينهما عناصر بينَ بينَ يصح أن تسمى بالفلزيات أو باللافلزيات حسب قربها من أحد الطرفين أو من الطرف الآخر . وإذا شئت فسمِّ الفلزيات بأشباه الفلزات كما تسمى اللافلزيات بأشباه اللافلزات ، إلا أن الاختصار فى التسمية العلمية أولى وأحسن .

على أن تقسيم العناصر إلى فلزات ولا فلزات تقسيم نافع و إن كان تقسيم غير دقيق ، ولذلك فهو محتفظ به إلى الآن .

تقسيم العناصر الى طوائف : وهناك غير تقسيم العناصر إلى فلزات ولا فلزات تقسيمات أخر يمكن تقسيم العناصر إليها . فمن الممكن تقسيمها إلى طوائف أو أسر حسب تشابهها وتدرجها فى الخواص خصوصاً الخواص الكيمياوية . وقد لقينا من هذه الطوائف أو الأسر طائفة أو أسرة واحدة على الأقل : أسرة الغازات الهامدة التى يرأسها الهليوم والتى من أعضائها الأرجون . وكلمة أرجون مشتقة من أصل يونانى معناه الهامد فاسمه مشتق من صفة عامة للأسرة جميعاً ، إذ قد رأينا أنها كلها قد أعجزت الإنسان أن يحملها على أى تفاعل كيمياوى مع غيرها مهما قل . وعدد ما عرف من أعضاء هـذه الأسرة إلى الآن ستة كلها إلا واحداً موجودة فى الهواء .

هذه طائفة أو أسرة ، وطائفة أو أسرة أخرى **طائفة الكلور** نسبةً إلى أشهرها ، وهى الفلور والكلور والبروم واليود ؛ وتسمى أيضاً بطائفة الملحيّات لأن الكلور كما عرفت إذا اتحد مع الصديوم كوّن ملح الطعام ، وكل من إخوته أولئك يكوّن مع الصديوم أملاحاً تشبه ملح الطعام فى كثير من خواصها ، وهو أو أىّ إخوته على العموم إذا اتحد بالفلزات كوّن أملاحاً . هذه الأملاح تختلف فيما بينها حسب الفلز المتحد مع أفراد هـذه الطائفة أو أعضاء هذه الأسرة ، إلا أن من الممكن أن يقال إن الفلزات المتشابهة ، أى المنتمية إلى طائفة واحدة ، تكوّن على العموم أملاحاً متشابهة إذا اتحدت بأعضاء طائفة الكلور .

وطائفة الكلور لافلزية قوية ، وهناك للفلزات طوائف كما للافلزات . ومن أشهر هذه الطوائف الفلزية **طائفة القلويات** أو طائفة الصديوم نسبـة إلى أشهرها ،

و **طائفة القليويات** أو طائفة الكالسيوم نسبة إلى أشهرها كذلك . واسم القليويات غير مستعمل ، وليس هو ترجمة لاسمها الأعجمى الذى لو ترجم لكان « فلزات الأتربة القلوية » . وكلمة الأتربة القلوية بقية من بقايا اصطلاحات القرون الوسطى ، وهى إشارة إلى أكاسيد الكالسيوم وأكاسيد أخواتها التى هى أتربة بيضاء تتحد مع الماء كما يتحد الجير الحى مع الماء عند الإطفاء مكونة أدركسيداتها ، أو كما يحب الكيماويون أن يعبروا :

أكسيد الكالسيوم + ماء = أدركسيد الكالسيوم
(الجير الحى)   (الجير المطفأ)

والجير المطفأ لا يذوب فى الماء كثيراً كما هو معروف ، لكن ما يذوب منه فيه كاف لجعل الماء قلويا . ومعنى قلوى أنه إذا غمس فيه ورق عباد الشمس الأحمر ازْرَقّ ، وإذا عودل بحمض كوّن ملحَ الحمض مع الكالسيوم . ومعنى عودل أنه إذا أضيف إليه محلول الحمض قليلاً قليلاً حتى يصير لا قلويا يزرقّ به عباد الشمس الأحمر ، ولا حمضيا يحمرّ به عباد الشمس الأزرق .

وأدركسيدات إخوة الكالسيوم أكثر ذوباناً فى الماء من أدركسيد الكالسيوم أو الجير المطفأ ، إلا أنها كلها ليس فيها ما يبلغ من ذلك مبلغ أدركسيدات القلويات : أدركسيد الصديوم أو الصودا الكاوية ، وأدركسيد البوتاسيوم أو البوتاسا الكاوية ، وأترابهما . فإنك مثلاً تستطيع أن تصنع محلولاً من أدركسيد الصديوم يحتوى على ١٠٠٠ جرام من الأدركسيد فى اللتر من المحلول ، فى حين أن أقوى ماء جير تستطيع صنعه لا يحتوى إلا على نحو ١٫٧ جرام فى اللتر . وتستطيع أن تبلِّغ المقدارَ الذائب فى اللتر من أدركسيد أقوى إخوة الكالسيوم ، أو أدركسيد الباريوم ، إلى عشرة أمثال المقدار السابق ، لكن أين ١٧ جراماً فى اللتر من ١٠٠٠ جرام فى اللتر ؟ وهذا هو أحد الأسباب القوية

فى تسمية طائفة الصديوم بطائفة الفلزات القلوية ، وطائفةِ الكلسيوم بطائفة فلزات الأتربة القلوية ، أو بالأحرى بالفلزات القُلَيْوِية .

ويحسن أن نعرف أن كلاً من عناصر هاتين الطائفتين ، الفلزات القلوية والقليوية ، يحلل الماء فى درجة الحرارة العادية إلى إدروجين يصعد ، وأدركسيد الفلز يبقى : يبقى ذائباً فى حالة الفلزات القلوية ، وذائباً بعضه ومُعلّقاً بعضه فى حالة الفلزات القليوية . إلا أن قوة التحليل تختلف باختلاف الطائفتين وباختلاف الفلز فى كل طائفة ، فتحليل الفلز الماء فى حال الطائفة القلوية أقوى كثيراً منه فى حال الطائفة القليوية ، كما قد يستنتج من الفرق الكبير بين ذائبية الأدركسيدات فى كل من الطائفتين . وكذلك تحليل الفلز الماء فى حال الطائفة القلوية ، أو الطائفة القليوية ، تختلف باختلاف الفلز : كلما كانت ذرة الفلز أثقل كان التحليل أقوى ، فهو فى حالة البوتاسيوم أقوى منه فى حالة الصديوم ، وفى حالة الباريوم أقوى منه فى حالة الكلسيوم . ومظهر القوة مقدار الحرارة التى تصحب التحليل ، فهى فى حالة البوتاسيوم كافية لإشعال الإدروجين الناتج من التحليل بحيث إنك ترى قطعة البوتاسيوم الملقاة فى الماء تدور على سطح الماء لقوة التفاعل وحولها شعلة متنقلة من الادروجين والبوتاسيوم . لكن الادروجين لا يشتعل فى حالة الصديوم إلا إذا أشعلته أنت ، وهو من باب أولى أبعد عن الاشتغال فى حال كل من الباريوم والكلسيوم .

٢ — المركبات

العناصر كما قد رأيت هى أصل المركبات : تنشأ المركبات عن الاتحاد بينها كما تنتج هى إذا انحلّت المركبات إلى أبسط ما يمكن . وهذا الاتحاد والانحلال الكيمياويان يشملان جميع التغيرات الكيمياوية الجارية فى الكون والتى سبق

ضرب الأمثلة لها بشيء من الإسهاب . وهما ينتجان عما يسميه الكيمياويون **بالتفاعل الكيمياوى** سواء كان التفاعل بين مادة ومادة ، أو بين مادة وطاقة . فالتفاعل الكيمياوى بأعم معانيه يشمل كل تغير كيمياوى ، تركيبيًّا كان أو تحليليًّا ، ويشير من طرف خفى إلى سبب ذلك التغير ؛ فهو يشمل مثلاً اتحاد الإدروجين والأكسيجين لتكوين الماء كما يشمل تحليل الماء إلى عنصريه بالكهرباء ، وإن كان التفاعل فى الحالة الأولى هو بين الإدروجين والأكسيجين ، أى بين مادة ومادة ، والتفاعل فى الحالة الثانية هو بين الماء والكهرباء ، أى بين مادة وطاقة .

ويحسن هنا أن ننبه إلى ما فاتنا أن ننبه إليه من قبل من أن أصغر جزء من العنصر يمكن أن يشترك فى تفاعل كيمياوى ، أو بعبارة أخرى يمكن أن يدخل فى تركيب مركب ، يسمى *ذرة* ؛ وأن أصغر جزء من العنصر أو المركب يمكن أن يوجد مستقلاً فى الخارج يسمى *جزيئاً* . فالذرة لا تكون إلا من عنصر ، والجزىء يكون من العنصر أو المركب على السواء .

وقد مرت بك أمثلة عدة للمركبات الكيمياوية والتفاعلات الكيمياوية مثل تكوّن الأكاسيد بالاحتراق أو التكايس ، وتكوّن الجير المطفأ باتحاد الجير الحى والماء ، وتحلل الماء بالصديوم ، وتكون أدركسيد الصديوم أو الصودا الكاوية أثناء ذلك التحلل ، وهلم جرا . وأمثلة أخرى لهذا النوع من المركبات كبريتات الفلزات : مثل كبريتات النحاس المعروف بسلفات النحاس ، وكبريتات الصديوم المعروف بسلفات الصودا ، وكبريتات المغنزيوم المعروف بالملح الإنجليزى ، وكبريتات الكلسيوم المعروف بالجبس . وغير الكبريتات يوجد الكربونات ، كربونات الفلزات : مثل كربونات الصديوم المعروف بكربونات الصودا ، وكربونات الكلسيوم المعروف بالطباشير ، وإذا كان متبلوراً فيعرف بالرخام .

ولا تثقلن عليك هـذه الأسماء الـكيمياوية فإنها أسماء نظامية قصد بها إلى الإفادة و إن جاءت غريبة غير خفيفة على لسان من لم يألفها . وأقل ما تفيده هذه الأسماء الدلالة على عناصر المسميات ، تارة بصراحة فى أسمـاء المركبات الثنائية أى المركبة من عنصرين ، كما ترى فى أكسيد الزنك وكلوريد الصديوم ، وكبريتيد الحديد — وما المقطع (يد) فى هذه الأسماء إلا علامة ثنائية المركبات ؛ وتارة بنوع من النحت أو التركيب المزجى فى المركبات الثلاثية ، كما ترى فى تسمية الجـير المطفأ بأدركسيد الكلسيوم ، فإن كلمة أدركسيد بمقطعيها تدل على الإدروجين والأكسيجين المتحد أحدهما بالآخر وبالكلسيوم فى الجـير المطفأ ، وهى تدل الـكيمياوى فوق ذلك على كيفية اتحاد العناصر داخل الأدركسيدات ؛ وتارة تـكون الدلالة بالجمع بين التصريح ونوع من التلميح ، كما ترى فى كبريتات المغنزيوم وكربونات الصديوم وفسفات الكلسيوم وأزوتات البوتاسيوم فان كلا من هـذه المركبات مكون من العنصرين المصرح بهما فى أول الاسم وآخره مع الأكسيجين المرموز إليه بالمقطع (— ات) . وهذا المقطع يدل الـكيمياوى فوق ذلك على نسبة الأكسيجين فى المركب بالنسبة للعنصرين الآخرين ، وهو طبعاً لا علاقة بينه البتة و بين علامة جمع التأنيث . فاحذر أن تظن أن تلك الأسماء هى جمع لمفرد من جنسها فان كلا منها اسم مفرد لمركب كيمياوى محدود ، واجتهد إن استطعت أن تأتى بصيغة مصقولة مقبولة لجمع تلك المفردات فإنك إن فعلت تـكون قد أعنت على حل مشكلة من مشكلات التعريب .

بعض الأقسام المهمة للمركبات : كانوا فيما مضى يقسمون المركبات حسب مصدرها إلى معدنية ونباتية وحيوانية ، ثم نظروا فوجدوا المركبات النباتية والحيوانية مشتركة فى مجيئها من الأجسام الحية فسموها **مركبات عضوية** نسبة إلى عضو الكائن الحى ، وسموا ما عداها **مركبات غير عضوية** وهى التى كانوا يسمونها من

قبل معدنية . وكانوا يرون أنفسهم قادرين على المركبات غير العضوية يحضّرونها ويختبرونها تركيباً وتحليلا فى المعامل ، أما المركبات العضوية فكانوا يعتقدون أنهم وإن استطاعوا تحضيرها واختبارها وتحليلها كغير العضوية لا يقدرون على تركيب شىء منها فى معاملهم ، فكان إمكان التركيب واستحالته فى اعتقادهم فارقا مهما عندهم بين غير العضوى والعضوى ، حتى إذا استطاع فيلر سنة ١٨٢٨ تركيب المادة البولية المعروفة بالبولينا من بعض المواد التى لم تأت من الأجسام الحية ، بل التى تحضر بسهولة فى المعمل ، زال ذلك الاعتقاد ، وارتفعت تلك الاستحالة ، وانفتح باب تركيب المركبات العضوية على مصراعيه ، وصارت المركبات كلها من عضوية وغير عضوية عند الكيمياويين سواء فى إمكان تركيب الإنسان إياها من عناصرها . لكن زوال ذلك الفارق المهم بين هذين القسمين الواسعين من المركبات لم يذهب بالتقسيم نفسه لأن الكيمياويين نظروا فوجدوا أنه لا يزال هناك من الفوارق الكبيرة بين مركبات كل من القسمين مايجعل من المفيد النافع أن يُحتفظ بذلك التقسيم ، فاحتفظوا به بل وبالتسمية أيضاً إذ كانت قدسارت واشتهرت ، واستعاضوا عن ذلك الفارق الاعتقادى الذى ظهر بطلانه بفارقٍ واقعى لايمكن أن يبطل لأنه منتزع بالاستقراء من حقيقة كل من القسمين . فقد نظروا فوجدوا أن جميع المركبات العضوية هى مركبات كربونية من بين عناصرها الكربون ، فبنوا على هذا التعريفَ الجديد المركبات العضوية ، واقتضى هذا تعريف غير العضوية بأنها المركبات غير الكربونية ، أى التى لا تحتوى بين عناصرها على الكربون ، كما اقتضى أيضاً توسيع أفق المركبات العضوية ليشمل آلاف المركبات الكربونية الممكن تحضيرها فى المعمل وإن لم توجد فى حيوان ولا نبات .

فالمركبات إذن تنقسم إلى قسمين عظيمين : مركبات الكربون وغير

مركبات الكربون . فمركبات الكربون تسمى بالمركبات العضوية ، ومركبات جميع العناصر الأخرى غير الكربون تسمى بالمركبات غير العضوية ، وقد اختُص بدراسة كل منهما فرع من علم الكيمياء .

المركبات العضوية : والمركبات العضوية هي أعقد المركبات كلها وأهمها لأنها أساس الأجسام الحية من حيوانية ونباتية . ومن عجيب آيات الله أن هذه المركبات العضوية ، سواء أكانت آتية من جسم حي أم مصنوعة في معمل ، هي على كثرتها الكاثرة مخلوقة من عدد قليل من العناصر : الكربون والإدروجين والأكسيجين والأزوت والفسفور والكبريت ، وأيضاً الكالسيوم في العظام ، وأثارات من عناصر قليلة أخرى كالحديد والمغنزيوم . على أن جمهرة المركبات العضوية مكون من أربعة العناصر الأولى فقط ، وعجيب أن ينشأ من عناصر لا تكاد تتجاوز الخمسة آلافٌ مؤلفة من مركبات ذات درجات مختلفة في التعقيد : فمنها البسيط نسبيا كالجلسرين ، والمعقد قليلاً كالدهن وسكر العنب وسكر القصب وسكر اللبن وسكر الشعير وسكرات أخرى اهتدى إلى تركيبها الإنسان . ومنها المعقد كثيراً في تركيبه كالنشا والقطن . وقد اخترنا لك هذه الأمثلة لأنها كلها مكونة من ثلاثة عناصر فقط : الكربون والإدروجين والأكسيجين . فكيف أمكن خلق ذلك الكثير من هذا القليل ؟ لقد أمكن هذا بما أودع الله سبحانه في تلك العناصر القليلة من الخواص ، و بما سنّ سبحانه للمركبات والتركيب من سنن . فأما الخواص فأهمها قابلية ذرّات ذلك العنصر العجيب المسمى بالكربون لأن تتحد بنفسها على الأخص و بالإدروجين والأكسيجين ، مكونة سلاسل من حلقات لا تكاد تعد ، قطب كل حلقة ذرّة كربونية متحدة بالإدروجين أو الأكسيجين أو كليهما أو الأزوت أو ما شاء

الله أن تتحد به من الذرّات أو الجاميع ، بنظام مقدر موزون . وأما السنن ، سنن الله فى المركبات والتركيب ، فمتعددة نذكر منها فى هذا الصدد ما يأتى :

(١) إن اختلاف العناصر ينتج عنه اختلاف المركبات .

(٢) إن اختلاف النسب بين العناصر (عنصرين أو أكثر) يُنتج مركباتٍ مختلفة ولو اتحدت العناصر ، كما ترى فى أول أكسيد الكربون وثانى أكسيد الكربون .

(٣) إن اختلاف عدد ذرّات كل عنصر فى جزىء المركب يُنتج مركبات مختلفة ولو اتحدت العناصر فى الذات وفى النسبة ؛ فغاز الأستيلين مثلاً ، الذى يستضىء بشعلته البيضاء بعض الباعة ، مركب كالبنزين من الكربون والإدروجين وبنفس النسبة ، إلا أن عدد ذرّات كل من الكربون والإدروجين فى جزىء البنزين ثلاثة أمثال عددها فى جزىء الأستيلين .

(٤) إن اختلاف ترتيب الذرّات داخل الجزىء ينتج مركبات مختلفة ولو كانت العناصر واحدة ، والنسب واحدة ، وعدد الذرّات داخل الجزىء واحدة . مثال ذلك سكر القصب وسكر اللبن وسكر الشعير : كلها مختلفة فى الخواص حتى فى الحلاوة ، فإن سكر اللبن مثلا أقل حلاوة وأقل ذائبية فى الماء من سكر القصب ، ومع ذلك فإن السكرات الثلاثة متحدٌ تركيبها فى العناصر ، وفى النسب بين العناصر ، وفى عدد ذرّات كل منها فى جزىء كل سكر ، ولا تختلف إلا فى ترتيب الذرّات داخل الجزىء .

بعض القوانين الكيمياوية الأخرى :

(١) قانون ثبوت الوزن : أوزان المواد المتفاعلة لا يلحق مجموعها أى نقص أو زيادة بحدوث التفاعل الكيمياوى بينها أو بعبارة أخرى إن

مجموع أوزان المواد المتفاعلة قبل التفاعل هو عينه بعد التفاعل .

هذا القانون قانون تجريبي نبه إليه لفوازييه ، وثبت ثبوتاً تاما بالتجربة ، واستنتج منه بعض العلماء أن المادة لا تتجدد ولا تنعدم وأن مجموعها فى الكون إذن ثابت ، فكان القانون ولا يزال أحياناً يسمى **بقانون ثبوت المادة** . وهذا الاسم لا ضرر فيه من الناحية العلمية بشرط أن يلاحظ فيه أنه مقيد فى الواقع بالتفاعلات الكيمياوية . فإذا غُفل عن هذا القيد كما غَفل من استنتج منه أن مجموع المادة فى الكون ثابت ، أو أن المادة غير قابلة مطلقاً للتجدد أو الانعدام فقد تعدى حدود ما قد ثبت بالتجربة ، ومزج اليقيني الواقع بنصيب من الرأى والظن ، فهو بعمله هذا ينزل بهذا القانون العملى إلى مرتبة النظريات . وقد نعود إلى هذه النقطة بشيء من التفصيل .

(٢) **قانون تفاوت الطاقة بالتفاعل** : إن مجموع الطاقة الكيمياوية الكامنة فى المواد المتفاعلة هو قبل التفاعل **غيره** بعد التفاعل .

إن أكثر التفاعلات الكيمياوية يخرج أثناءها حرارة ، وقد يخرج أثناء بعضها ضوء كما يحدث فى الاحتراق . تلك الحرارة وهذا الضوء طاقة كانت من قبل كامنة فى المواد قبل التفاعل وخرجت من بينها أثناء التفاعل . فنواتج التفاعل فى هذه الأحوال تنقص فى طاقتها الكامنة عن المواد قبل التفاعل بقدر ما خرج من بينها من الطاقة أثناء التفاعل ، و إذا أريد ردها إلى ما كانت عليه قبل التفاعل وجب رد هذه الطاقة إليها . فالماء مثلا ينتج من تفاعل الإدروجين والأكسيجين بالاحتراق . فإذا أريد تحليله إلى عنصريه وجب أن يرد إليه ما فقدا من طاقة أثناء اتحادهما وذلك مثلا بإمرار تيار كهربائى فيه .

وهناك مركبات كيمياوية لا تتكوّن إلا بامتصاص طاقة ، وهذه المركبات إذا عادت إلى أصلها نفثت ما كانت امتصته من طاقة . فالتفاعلات الكيمياوية مقترنة دائماً بتغيرات فى مجموع طاقة المواد المشتركة فيها ، وذلك إما بنقص أو زيادة . أو بعبارة أخرى إن أنواع المادة تختلف فى طاقتها الكامنة كما تختلف فى ذواتها ، وهذا الاختلاف فى الطاقة الكامنة هو أحد الفروق الأساسية بين المواد .

٣ — المخاليط

إذا خلطنا مادة نقية بأخرى مثلها نتج مخلوط له خواص المادتين . فلو خلطنا سكراً بنشا مثلا نشأ مخلوط فيه السكر والنشا قائمان جنباً لجنب بحيث لو امتحنا بالمجهر جزءاً من المخلوط الذى أجدنا خلطه لوجدنا بلورات السكر قائمة مرئية جنباً لجنب بجوار حبيبات النشا ؛ ولو ذقناه لتبينا السكر فيه بحلاوته ، والنشا بلمس اللسان له إذ النشا لا طعم له ؛ ثم لو مزجنا هذا المخلوط بالماء البارد وقلبناه وصبرنا عليه مدة ثم رشحناه لوجدنا الماء الراشح حلواً لذوبان السكر فيه ولبقى النشا على ورقة الترشيح . فهذا المخلوط إذن فيه خواص السكر وخواص النشا مجتمعة ، وقد أمكن باستعمال ما بينهما من فرق فى الخواص أن نفصل أحدهما من الآخر بدون كبير عناء .

ومثل آخر : لو خلطنا مسحوق الكبريت العمود ببرادة الحديد خلطاً جيداً لنشأ مخلوط فيه أجزاء الحديد قائمة جنباً لجنب مع أجزاء الكبريت ولو كان الخلط من الجودة بحيث لا تتبين العين الكبريت من الحديد فى المخلوط . هذا المخلوط يمكن فصل مادتيه باستعمال الفرق بين الكبريت والحديد بالنسبة للمغنطيس مثلاً إذ المغنطيس يجذب الحديد ولا يجذب الكبريت ، فإذا مررنا المغنطيس فى

المخلوط عدة مرات أمكن فصل الحديد من الكبريت . لكن الحديد المنفصل يكون فى العادة متحملاً ببعض مسحوق الكبريت ، فإذا مررنا المغنطيس مرة أخرى فى هذا الحديد المفصول أمكن تقليل ذلك الكبريت المختلط به وفى النهاية يمكن فصل الحديد من الكبريت تمام الفصل .

أمثلة أخرى للمخاليط :

(١) **محلول أى مادة** فى سائل ما ، مثل محلول السكر فى الماء ، ومحلول اليود فى الكحول .

(٢) **شراب الليمون** : مخلوط من الماء والسكر والمواد الموجودة فى عصارة الليمون ، ومن أهمها زيت عطرى وحامض الليمون .

(٣) **ماء النيل** عند الفيضان : مخلوط من طمى معلق وأملاح ذائبة فى الماء .

(٤) **ماء البحر** : مخلوط من ماء وملح الطعام وأملاح عدة أخرى .

(٥) **اللبن** : مخلوط من ماء وسكر اللبن وزلال اللبن ودهن اللبن وأملاح .

(٦) **الجبنة** : مخلوط من زلال اللبن ودهن اللبن وماء وملح .

(٧) **الأدوية** التى يحضرها الصيدلى حسب تذكرة الطبيب كلها مخاليط ولولا ذلك ما أفادت فائدتها المطلوبة فى العلاج لأن كل مادة فى الدواء لها فعل خاص مطلوب يزول لو اتحدت المادة بغيرها اتحاداً كيمياويا .

(٨) **الهواء** : مخلوط من الأزوت والأكسيجين وبخار الماء والأرجون وثانى أكسيد الكربون وأثارات من مواد كثيرة أخرى تختلف باختلاف البقاع

مقارنة بين المركب والمخلوط

المركب	المخلوط
(١) خواصه تخالف كل المخالفة خواص عناصره وخواص ما يمكن أن ينتج منه بالتحليل .	(١) خواصه هى مجموع خواص المواد المكونة له .
(٢) المركب يحتوى دائماً على نفس العناصر متحدة بنفس النسبة . أى أن تركيبه ثابت .	(٢) لا يشترط فيه ثبوت تركيبه لا بالنسبة للمواد الداخلة فيه ولا بالنسبة لمقادير تلك المواد . أى أن تركيبه متغير .
(٣) طاقة عناصره قبل التركيب غيرها بعد التركيب .	(٣) طاقة مواده قبل الخلط هى **فى الغالب** عينها بعد الخلط .
(٤) لا يمكن تحليله إلى ما يركب منه إلا بطرق كيمياوية تستلزم تغييرات كيمياوية ، أى تغييرات فى الماهية .	(٤) يمكن تحليله بطرق طبيعية مبنية على الخواص الطبيعية للمواد المكونة له بحيث لا يتغير بالفصل نوع هذه المواد .

والأشياء الموجودة فى الكون على حالتها الفطرية كلها مخاليط . فالعصارات النباتية والحيوانية والدم والمياه والتراب والشحوم والزيوت الخ كلها مخاليط لأن حكمة الله سبحانه اقتضت أن ييسر للانسان الانتفاع بما خلق خصوصا فيما ينفع فى التغذى ، فأوجد المواد التى تنفع الإنسان فى ذلك مختلطاً بعضها ببعض وإلا لاضطر الإنسان إلى تحضيرها ثم خلطها حتى يستعملها ميسرة مجتمعة

كما يفعل الصيدلى عند تحضير الدواء . فالطفل الرضيع مثلا والرضيع من الحيوانات يلزمه فى غذائه الدهن والسكر والزلال والماء و بعض الأملاح و إلا لما نما ، فجمع الله له كل ذلك ، وأثارات من مواد أخرى نافعة غير ذلك ، مخلوطاً ممزوجاً فى اللبن ، لبن الإنسان أو لبن غيره من الحيوان .

كذلك الطفل الفطيم تختلف خلايا جسمه فى الغذاء التى تحتاجه ولذا جعل الله الدم يحمل المهاضيم المختلفة من الأغذية مختلطاً بعضها ببعض ، فيمر الدم بها على خلايا الجسم ليأخذ كلٌ ما يحتاج . هذه المهاضيم تتغير تغيراً كيمياو يا فى الخلايا أثناء تغذيها ، أما فى الدم فهى مخاليط طبيعية . ولو اتحد بعضها ببعض كيمياو يا فى الدم لتعطلت وظيفة الدم ، بل لتسمم الجسم ببعض ما ينتج من ذلك الاتحاد الكيمياوى . فحكمة الله سبحانه اقتضت وجود الأشياء مخلوطة ، وعلى الإنسان أن يحضر من هذه المخاليط المواد النقية التى يحتاجها كما يحضر سكر القصب مثلا من عصارة القصب ، وكما يحضر سكر اللبن من « شرش » اللبن . ولعل هذه حكمة أخرى فى خلق المواد مخاليط أن يُحمل الإنسان على البحث والطلب ، فإن الإنسان لا يستطيع فصل بعض المواد نقية أو شبه نقية إلا إذا درس المخاليط المختلفة وخواصها ، والمواد النقية المختلفة وخواصها ، وحكم عقله وحيلته فى تطبيق ذلك لاستخراج ما يريد .

الفصل السادس

هل المادة أصلها واحد ؟

كان القدماء يجيبون على هذا السؤال بنعم ، ولا يستندون فى ذلك إلى شىء من الواقع ولكنه كان مجرد رأى رأوه واعتقاد اعتقدوه . كانوا يعتقدون العناصر أربعة كما رأيت ، ويردون الأربعة إلى عنصر خامس ألطف منها يرونه خلاصتها ، ومعنى هذا أنهم كانوا يرون أن المادة كلها ترجع إلى أصل واحد ، ونتج من هذا اعتقادهم إمكانَ تحويل بعضها إلى بعض ، وترقية بعضها عن بعض . وحوّل هذا الاعتقاد التخمينى جهودهم فيما بعد إلى محاولة تحضير المواد الراقية النبيلة فى عُرفهم ، كالذهب والفضة ، من المواد المنحطة الخسيسة كالنحاس والرصاص . وفى أمثال هـذه المحاولات ضاعت جهود كيمياويى القرون الوسطى وما قبلها من غير أن يحققوا من غرضهم شيئاً وإن كانوا أفادوا العلم كثيراً بالتتبع بما كشفوه من عمليات ؛ أما الحقائق الكيمياوية التى كانوا يقفون عليها ويوفقون إليها فقد كانوا يسترونها ما استطاعوا فلا يصفونها إلا بلغة رمزية خوفاً على السر أن يقع فى يد غير أهله . ولم يكن فى المسألة من سر إلا ما صـوره لهم الوهم ؛ بل لقد قام اعتقادهم بإمكان التحويل حاجزاً دون اكتشافهم حقائق مهمة بالتفســير الصحيح لبعض ما كانوا يشاهدون .

كذلك كان الحال فى القرون الوسطى حتى أفاق العقل واقتنع بعبث تلك المحاولات ، ووُلد العلم مولداً جديداً باتخاذه وجهة جديدة هى وجهة تطالب أسرار الفطرة وحقائقها بالبحث والتجربة ، بدلاً من وجهة تطالب الغنى الضخم بالإكسير وحجر الفلاسـفة . فاجتمعت بالتدريج لديه الحقائق الواقعة التى حوّلها الاستقراء

إلى قوانين ، مثل قانون التركيب الثابت وقانون الوزن الثابت وقوانين أخرى قد نشير إلى بعضها بعد . هذه القوانين التى ليست فى الواقع إلا تلخيصاً للوقائع المشاهدة كانت تحتاج طِبق طريقة العـلم فى تلمس سنن الفطرة إلى تفسير . وفى سبيل تفسيرها وضع دلتون نظريته الذرية وقبِلها منه العلماء لأنها وَسِعت تفسير تلك القوانين .

النظرية الذرية : هذه النظرية بعد تعديلها وتحويرها بمـا يوافق ما جدّ للإنسان بعدها من الواقع تقول :

أولا : إن كل عنصر من العناصر يمكن تقسيمه حتى يُبلغ منه ما لا ينقسم هذا الذى لا ينقسم يسمى *الذرة* . والكلمة الأعجمية للذرة مشتقة من اليونانية ومعناها ما لا ينقسم . والتقسيم والانقسام هنـا هو طبعاً من حيث المقدار لا من حيث النوع مادام العنصر فى العلم هو أبسط أنواع المادة .

ثانيا : إن ذرات كل عنصر متجانسة متشابهة من جميع الوجوه : فى الحجم والوزن والمقدرة على التفاعل الخ ، لـكنها تختلف عن ذرات كل عنصر آخر .

ثالثا : إن الاتحاد بين العناصر لتكوين المركبات يكون باتحاد الذرات بعضها مع بعض .

رابعا : إن الاتحاد يكون دائماً بين عدد محدود من الذرات : فيتحد عدد محدود من ذرات عنصر بعدد محدود من ذرات عنصر آخر ، أو بعدد محدود من ذرات كل من عناصر أخرى حسب طبيعة المركب الناتج ، لتكوين أصغر جزء يمكن أن يوجد قائماً بذاته من ذلك المركب . أى لتكوين جزىء المركب .

هذه هى نظرية دلتون الذرّية بعـد التعديل . والتعديل الذى أُدخل عليها ليس كبيراً وإن كان مُهما . فقد كان دلتون يقول إن ذرّات من العناصر تتحد

لتكوّن ذرّات من المركبات . وهذه غفلة منه من غير شك عن معنى الذرّة التى اشتق اسمها هو من اليونانية ليفيد معنى عدم قابلية الانقسام . فهو لم يكن منطقيا حين سمى أصغر جزء يمكن أن يتكون من المركب ذرّة لأن ذلك الجزء قابل للتقسيم من غير شك ما دام مركبا من ذرّات . لكن لعله اعتمد فى الأول على تخصيص الذرّة بإضافتها إلى المركب لتميزها عن ذرّة العنصر ، ولم يتوقع أن يؤدى ذلك إلى ماأدى إليه بعدُ من الخلل فى التفكير ، والتناقض فى التعبير ، ولم يتوقع غيره شيئاً من ذلك حتى وقع بالفعل بعد سنين ، فاضطر العلماء إلى اختيار لفظ آخر بدلاً من ذرّة المركب ، يسمون به أصغر جزء من المركب يمكن أن يقوم بذاته فاختاروا لفظاً نترجمه الآن بكلمة جزىء ، وانتبهوا إلى أن الجزىء قد يكون من العنصر كما يكون من المركب . أى أنهم انتبهوا بعد سنين من وضع دلتون نظريته إلى ما لم ينتبه إليه دلتون حين وضعها . انتبهوا إلى التفرقة بين أصغر جزء من العنصر يمكن أن يتحد بغيره ، وأصغر جزء من العنصر يمكن أن يقوم بذاته ، فسموا الأول ذرّة وسموا الثانى جزيئاً . وكان ذلك تقدماً كبيراً ، أو أن ذلك مهّد لتقدم كبير ، كما يعرف ذلك من يعرف تاريخ تلك النظرية العلمية المهمة . وهذا هو كل التعديل الذى أدخل على تلك النظرية فى حقبة طويلة من الزمن .

ولقد كان نجاح النظرية الذرّية عظيما فى تفسير ما كان معروفاً إذ ذاك من قوانين الاتحاد الكيمياوى تفسيراً واضحاً بسيطاً . فقانون التركيب الثابت الذى يقرر أن كل مركب يتركب دائماً من نفس العناصر بنفس النسب ، يفسره ما تقول به النظرية من أن جزىء كل مركب يحتوى دائماً على نفس الذرّات متحدة بنفس الكيفية . وكلمة **نفس الذرات** تضمن ثبوت نوعها وثبوت عددها فى جزىء المركب . وثبوت العدد يضمن عدة أمور : يضمن **أولا** ثبوت نسب

العناصر فى المركب بالوزن ما دامت ذرّات كل عنصر متحدة فى جميع الخواص ومنها الوزن ؛ ويضمن *ثانيا* أن تكون النسب بين أوزان العنصر الواحد فى الجزيئات المختلفة الداخل فى تركيبها بسيطة ، لأنها ستكون نسباً بين أعداد صحيحة من الذرّات . وهذه النتيجة وحدها تفسر أكثر من قانون واحد كشفه العلم بالتجارب الطويلة والاستقراء . تفسر مثلا القانون المعروف بقانون النسب المتضاعفة الذى يقرر أنه *إذا اتحد عنصران ليكونا أكثر من مركب واحد فإن أوزان أحدهما المتحدة بوزن واحد من الثانى تكون النسب بينها بسيطة* . وتفسر قوانين أخرى غير قانونى النسب الثابتة والنسب المتضاعفة لا محل للتعرض لها الآن .

وخير ما ساعدت به النظرية الذرية العلم ليس هو تفسير القوانين الكيمياوية التى كانت معروفة لعهد دلتون ، بقدر تمكينها الإنسان من تصور ما يجرى أثناء التفاعلات الكيمياوية ، فصار يستطيع أن يتصور الذرّات تدخل وتخرج من المركب ، ويستطيع أن يتخيل ما يجرى بينها أثناء الدخول والخروج . وهذا التصور والتخيل أعان كثيراً على الدقة والوضوح فى التفكير والاستنتاج ، ومهد وسهل لكثير من الاستكشافات ، كما أن فكرة التفاعل بين الذرات وضعت التفاعلات الكيمياوية على أساس واضح من الناحية الحسابية إذ لم يكن بين العلماء وبين تنظيم هذه الناحية إلا أن يختاروا لأوزان الذرات وحدة ينسبون إليها ويقيسون بها . فاختاروا أولاً أخف ذرة معروفة ، ذرة الإدروجين ، فاتخذوها وحدة ؛ أى فرضوا أن وزنها *واحد* ونسبوا ما عداها إليها . فوجدوا مثلاً أن ذرة الأكسيجين أثقل من ذرة الإيدروجين ١٦ مرة تقريباً فقالوا إن الوزن الذرى للأكسيجين هو تقريباً ١٦ ؛ وبالمثل وجدوا أن الوزن الذرى للكربون هو ١٢

وللأزوت هو ١٤ ، وللحديد هو ٥٦ ، وللصديوم هو ٢٣ ، وللكلسيوم هو ٤٠ ، وهلم جرا . أما كيف استطاعوا أن ينسبوا وزن الذرات المختلفة إلى وزن ذرة الإدروجين فهذا موضوع يحتاج إلى شرح طويل وكان تحقيقه من أكبر ما قام به العلم بعد وضع النظرية الذرية . إنما يكفى الآن أن تعرف أن الأوزان الذرية لجميع العناصر معروفة الآن بغاية الدقة و إن كان العلماء قد وجدوا من المصلحة بعد أن اجتمعوا فى مؤتمر للتباحث فى هـذا الأمر أن ينسبوها إلى الأكسيجين لا إلى الإدروجين ، على اعتبار أن وزن ذرة الأكسيجين هو ١٦ بالضبط لا على وجه التقريب ، وأن ذرة الأكسيجين تكافئ ذرتين من الإدروجين كما ثبت من تحليل الماء . ثم يحسن أن تعرف أيضاً أن تحديد الأوزان الذرية للعناصر يمكّن بالحساب من تحديد عدد ذرات كل عنصر فى جزىء المركب بناء على النتائج التحليلية للمركب ، وهـذا يمكّن من تقدير الأوزان الجزيئية على وجه الضبط بمجرد جمع أوزان ذرات الجزىء .

وقد أثبتت جهود العلماء المتصلة فى نحو قرن وربع مر بعـد ميلاد النظرية الذرية مُحصت فيه هذه النظرية من كل وجه أن هذه النظرية تطابق الواقع فى كل شىء إلا شيئاً واحداً ظهر أن دالتون قد تزيَّد فيه حين وضعها . ذلك أن دلتون حين قال إن الذرة لا تنقسم ولا يمكن أن تنقسم لم يلزم حدود الوقائع التى وضع نظريته لتفسيرها فلم يقيد عـدم قابلية الانقسام بالتفاعلات الكيمياوية ، ولكنه أطلق القول وقال بعدم قابلية الذرّة للانقسام ، سواء أكان ذلك فى التفاعلات الكيمياوية التى بنى نظريته عليها أم فى غير التفاعلات الكيمياوية . وهذا الإطلاق أو هذا التزيد لم يأخذه عليه أحد لأنه لم يكن يخطر ببال أحد أن ستظهر عناصر تتحلل من تلقاء نفسها من غير أن يكون للانسان أى سلطان على مجرى هذا التحلل . أى لم يكن يخطر ببال أحد أن هناك ضرباً من التغيرات

الكيمياوية القهرية يخالف ما ألفه الإنسان وضبطه ودرس قوانينه .

لكن أمثال هذه العناصر قد كشف عنها العلم بانكشاف أشعة اليورَنْيوم على يد بَكَرل سنة ١٨٩٦ ، وبانكشاف الرديوم سنة ١٨٩٨ على يد مدام كورى . وكلة الرديوم معناها (الإشعاعىّ) ، وذلك أن الرديوم يقذف بأشعة تؤثر على الألواح الفوتوغرافية كما يؤثر ضوء الشمس وإنْ كانت هى لا تضىء . والذى جرى أن بَكَرِل ترك بعض أملاح اليورنيوم زمناً على لوح فوتوغرافى ملفوف فى ورق أسود ، فلما جهزه وجده قد تغبش ، وردّ تغبشــه إلى أشعة خرجت من اليورنيوم ونفذت من الورق إلى اللوح وأثرت فيه كما لو كان موضع الملح من اللوح معرضاً للضوء . ثم وجدت مدام كورى وزوجها أن حجر اليورنيوم الذى يحضر منه اليورنيوم وأملاحه أقوى إشعاعاً من اليورنيوم نفسه ، فاستنتجت أن هناك عنصراً جديداً فى ذلك الحجر أقوى إشعاعاً من اليورنيوم ، وبحثت عنــه حتى وفقت إلى استخلاص بعض أملاحه ثم إلى تحضيره منهـا وسمته الرديوم . وقد وجدوا أن مقدرة عنصر الرديوم على الإشعاع ، أو بالأحرى اشعاعية الرديوم ، هى هى فى حالتى التركيب والانطلاق ؛ أى وجدوا أن مركبات الرديوم فيهـا من الإشعاعية بقدر ما فيها من الرديوم فعرفوا أن خاصة الإشعاع هذه هى من خواص ذرة الرديوم لا من خواص الفلز المطلق . وحاولوا أن ينقصوا من إشعاعية الرديوم أو يزيدوا فيها بالعوامل المختلفة التى يملكها العلم كالتبريد الشديد أو التسخين الشديد فلم يفلحوا ، فأيقنوا أنهم أمام خاصة ذرية جديدة غير الخواص التى ألفوها فى التفاعلات الكيمياوية ، واهتم بتلك الخاصة فريق من العلماء وأخذوا يتابعون بحثها فانكشفت لهم عن تحلل ذاتى لذرة الرديوم الثقيلة ينتج عنه ثلاثة أنواع من الأشعة تخرج من الذرة :

الأول : شعاع له خواص الكهربائية الموجبة سموه الشعاع الألفى .

الثانى : شعاع له خواص الكهربائية السالبة سموه الشعاع البائى .

الثالث : شعاع لا خواص كهربائية له ولكنه نفاذ من المعادن التى توقف الشعاعين الأولين وسموه الشعاع الجيمى .

وقد وجدوا الشعاع الألِفى هو عبارة عن ذرة من هليوم موجبة التكهرب تقذف بها ذرة الرديوم بسرعة نحو عُشر سرعة الضوء .

ووجدوا الشعاع البائى عبارة عما يسمونه اليوم الكترونا أو كهربا أو كهيرا ، حسب اختلاف الرأى فى التسمية والتعريب ، قد قذف به بسرعة تعادل نحو نصف سرعة الضوء . وهم يعتبرون الكهير الوحدة الفطرية للكهربائية السالبة .

كذلك وجدوا الشعاع الجيمى شعاعاً خالصاً لا جسماً مقذوفاً بسرعة عظيمة أى وجدوه عبارة عن مويجات أثيرية أصغر فى طولها ألف مرة من مويجات الضوء ، وصغرها هذا هو الذى يفسر نفوذها البعيد فى الفلزات .

فكأن ذرة الرديوم تتحلل بفطرتها إلى طاقة كبيرة وجسيمات مادية موجبة التكهرب إذا فقدت كهربتها صارت هليوماً . أما ما يتبقى من الذرة بعد قذفها ذلك كله فلا يكون رديوماً ولكن عنصراً آخر غازياً شعّاعاً غير الرديوم يصح أن يسمى غازىّ الرديوم .

وتولُّد الهليوم من الرديوم قد أدهش العلماء إذ ذاك لأنهم لم يكونوا يتوقعون أن يتولد عنصر من عنصر إذ كانوا يعتقدون استحالة انقسام الذرة . لكن اعتقادهم هذا لم يكن له على إطلاقه ما يبرره من الواقع كما قد نبهنا إلى ذلك من قبل ، إذ الواقع الذى قامت عليه النظرية الذرية إنما كان خاصا بالتفاعلات الكيمياوية ، ولو أن دلتون حين قال بعدم انقسام الذرة قصر ذلك على التفاعلات الكيمياوية لما كان فى ظاهرة **الإشعاعية** ما يخالفها ، ولظلت برمتها صحيحة إلى

اليوم ، لأن التفاعلات الكيمياوية على كثرتها الكاثرة وتنوعها البالغ لا تزال إلى اليوم تجرى بين الذرات ، حتى الإشعاعى منها ، من غير أن يلحق الذرات فيها أى انقسام . أما وقد أطلق دلتون القول بعدم انقسام الذرة وتبعه فى ذلك العلماء فقد اضطر العلماء بعد انكشاف العناصر **الشعاعة** — إذ قد وجدوا للراديوم أشباهاً فى الإشعاع متعددة — اضطروا إلى أن يعدلوا آراءهم وتعاريفهم طبق الواقع . والمسألة كلها درس رائع ألقته الفطرة أو ، إذا شئت ، ألقاه فاطر الفطرة سبحانه على الإنسان أن يلزم فى تفكيره حدود الواقع و إلا فهو يعرض نفسه للخطأ و إن كانت الطريقة العلمية الحديثة كفيلة بتصحيح هذا الخطأ ولو بعد حين ؛ وهذا هو موضع الحسن فيها وموضع الفضل على الطريقة القديمة .

والتصحيح الذى اضطرتهم إليه ظاهرة **الإشعاعية** بسيط ولكنه بعيد الأثر . فقد صححوا **أولا** جزء النظرية الذرية الخاص بعدم انقسام الذرة وجعلوه مقصورا على التفاعلات الكيمياوية .

وصححوا **ثانيا** تعريف المركب بأنه ما يقبل الانحلال إلى أبسط منه **بالطرق الكيمياوية** ليخرجوا بذلك العناصر الشعّاعة من المركبات ، إذ الطرق الكيمياوية والطبيعية التى بيد الإنسان لا سلطان لها ألبتة على تلك العناصر فى تحللها الإشعاعى .

واستمسكوا **ثالثا** بتعريف العنصر أنه مالا يمكن **الإنسان** تقسيمه إلى أبسط منه حتى الآن حتى لا يخرجوا العناصر الشعاعة من بين العناصر ، إذ هى والعناصر غير الشعاعة سواء فى كل ما يتعلق بالتفاعلات الكيمياوية التى يملك الإنسان التحكم فيها إلى حد كبير .

وصححوا **رابعا** نظرتهم إلى العناصر ، فبعد أن كانوا يعتقدونها أصولاً مختلفة أصبحوا يعتقدون أنها من أصل واحد و إن كانوا لا يدرون يقيناً ما هو ذلك

الأصل ؛ وأصبحوا مجمعين على القول بإمكان تحويل بعضها إلى بعض وإن كانوا لا يزالون من الناحية العملية بعيدين عن تحقيق هـذا التحويل . ثم أصبحوا يجيزون القول بانعدام المادة ، بمعنى تحولها إلى طاقة ، بعد أن كانوا يستنكرون أن يقال مثل هذا من قبل . أى أنهم أدخلوا من التعديل على قانون **أن المادة لا تجدد ولا تنعدم** ما أدخلوه على قانون عدم انقسام الذرة ، فقصروا هذا وذاك على التفاعلات الكيمياوية التى منها استنتجوها بعد أن كانوا يطلقون القول بهما إطلاقاً . وكان هذا درساً آخر تلقاه الإنسان أنه لا ينبغى أن يستنتج من الواقع أكثر مما يبرره الواقع . فإذا كان الواقع هو أن المادة فى تغيراتها الكيمياوية تحتفظ بكتلتها بحيث أن كل نقص يلحقها فى ناحية تقابله زيادة تساويها فى ناحية أخرى فليقرر الإنسان ذلك كما يشاء ، وليقل إذا شاء أن المادة لا تتجدد ولا تنعدم ولكن ليتذكر أن ذلك صادق ثابت فقط فى التفاعلات الكيمياوية . أما ما وراء ذلك مما يتعلق بالمادة فى ذاتها خارج تلك التفاعلات فما كان للإنسان أن يقطع فيه برأى حتى يتبين له الحق . وقد تبين له الآن إمكان تناقص الكتلة فى التحال الإشعاعى تناقصاً لا يقابله زيادة فى الكتلة من ناحية أخرى وإن قابله زيادة عظمى فى الطاقة ، فأصبح يقول بإمكان فناء الكتلة ، أى بإمكان فناء المادة . وسقط بذلك كل ما كان يمكن أن يقام على استحالة فناء المادة من شبهٍ فى الدين ، وإن كانت تلك الشبه لم تكن لتضر الدين شيئاً ما دام **تغير المادة** هو عند العلم سنة الفطرة وسنة الوجود .

الباب الثالث

الطاقة

مقدمة : قلنا قبل إن الكون إذا استثنينا النفس والروح مادةٌ وطاقة ، و إن المادة والطاقة متلازمتان ، و إن الطاقة هي الفعالة في المادة ، و إن كل عمل تقوم به المادة في الظاهر لا بد من أن يستنفد فيه مقدار من الطاقة .

الطاقة الظاهرة والكامنة : على أن الطاقة الملازمة المادة قد تكون ظاهرة ، وقد تكون كامنة . فالظاهرة هي التي تحس أو يحس أثرها ، كالحركة والحرارة والصوت والضوء والكهرباء والمغناطيسية . أما الكامنة فلا تحس إلا إذا تحولت إلى صورة أخرى من الصور المحسوسة ، ومثلها **الطاقة الكيمياوية** المقارنة للمركبات والمختزَنة على الأخص في المركبات العضوية من نباتية وحيوانية ، فإن السكر مثلاً والزيت والخشب مخزن لطاقة لا يشعر الإنسان بها ولا يحسها إلا إذا لحق السكر أو الزيت أو الخشب تغيير كيمياوي أوضحُ مثل له الاحتراق . فإذا احترق الخشب أو النشا أو أية مادة قابلة للاحتراق ظهر مقدار كبير من الطاقة في صورة ضوء وحرارة لم يكونا محسوسين من قبل . هذه الطاقة كانت كامنة في المركب من نحو خشب أو نشا لم تبد إلا عند اتحاده بالأكسيجين ؛ أو بالأحرى كانت الطاقة كامنة في المركب والأكسيجين مختلطين ، فلما اتحدا وكونا مركبات أخرى ظهر بعض الطاقة الكيمياوية في صورة محسوسة من حرارة ، أو حرارة وضوء .

ومثل آخر للطاقة الكامنة تلك الطاقة المقارنة للجسم المحمول بحكم ارتفاعه

أو بعبارة أخرى بحكم إمكان انحداره بفعل الجاذبية . فإن الجسم المحمول إذا زال عنه الحامل تحرك هاوياً أو منحدراً إلى مستقر بفعل جذب الأرض إياه ، أو إذا شئت بفعل وزنه . وجميع الطاقة الكامنة فى الأجسام بحكم مركزها ، أو الطاقة المركزية ، لا بد لإكساب الجسم إياها من إنفاق طاقة تعادلها . فالحجر المحمول على كرسى مثلاً لا بد أن يكون قد رفع إلى الكرسى ، أى أن الإنسان أنفق فى رفعه إلى الكرسى نفس المقدار من الطاقة الذى يبدو فى صورة ما إذا زال الكرسى من تحت الحجر . كذلك الماء المخزون فى خزان المياه فى منزل أو فى الخزانات الكبرى لشركات المياه فيه طاقة كامنة تبدو إذا سمح لهذا الماء أن ينحدر من الخزان ، وقد اكتسبها الماء لما رفع إلى الخزان ، وأنفق فى رفعه قدر من الطاقة يتناسب مع ارتفاع الخزان وكتلة الماء المرفوع .

والسحب أيضاً فيها طاقة كامنة بحكم ارتفاعها تبدو إذا تكاثفت وسقط بخارها مطراً . هذه الطاقة الكامنة فى السحب أهم مصادرها حرارة الشمس فإن هذه الحرارة تتبخر بها المياه فتصعد الأبخرة إلى أعلى حتى تلاقى طبقة من الهواء باردة تسلب البخار بعض ما فيه من الطاقة وتحيله إلى قطيرات ماء محمولة بالهواء هى التى يسمى مجموعها بالسحاب . أى أن بعض حرارة الشمس قد تحول إلى طاقة كامنة فى السحاب تبدو عند الإمطار .

وزنبرك الساعة المملوءة فيه طاقة كامنة وإن من نوع آخر ، تظهر شيئاً فشيئاً فى دوران الساعة . وواضح أن مصدر هذه الطاقة هو الجهد المبذول عند ملء الساعة .

وقد يظن أن الحرارة دائماً طاقة ظاهرة ، لكن الحرارة فيها الكامن وفيها الظاهر . فالحرارة الظاهرة نحسها بأيدينا أو بترمومتر ؛ أما الكامنة فلا نحسها بهذين . مثل هذه الحرارة الكامنة حرارةُ التسييح وحرارة التبخير ، أى الحرارة الضرورية لتحويل جامد له درجة حرارة معروفة إلى سائل له نفس الدرجة ،

أو تحويل سائل درجة حرارته معروفة إلى بخار له نفس الدرجة من الحرارة ؛ فإن الطاقة الكامنة فى السائل أكبر من الطاقة الكامنة فى الجامد وإن اتحدت درجة حرارتهما . كذلك الأمر فى البخار والسائل المتحدين فى درجة الحرارة . وقد عرفنا قبل أنه لا يمكن تجميد السائل ولا تسييل البخار إلا بسلب السائل أو البخار مقداراً من الحرارة كان كامناً فيه ، بدليل أنه لا يمكن الاستدلال عليه باللمس أو بالترمومتر ما دامت درجة الحرارة كانت واحدة فى الجامد والسائل والبخار .

على أن هـذه الحرارة ، حرارة التسييح أو التبخير ، ليست طاقة كامنة بالمعنى الذى ذكرناه فى الطاقة الكيمياوية ، أو الطاقة الارتفاعية ، لأن هذه الطاقة موجودة فى السائل والبخار على صورة حركة فى الجزيئات ، فإن جزيئات السائل كما عرفنا أشد حركة من جزيئات الجامد ، وجزيئات البخار أشد حركة من جزيئات السائل ، وإن اتحدت كلها فى درجة الحرارة . لكنهم استباحوا أن يسموها حرارة كامنة لأنها موجودة فى السائل أو البخار لا على صورة حرارة ترتفع بها درجة حرارة الجسم ولكن على صورة أخرى من صور الطاقة هى فى هذه الحالة حركة الجزيئات ، ولأن هذه الطاقة تبدو عند تجميد السائل أو تسييل البخار على صورة حرارة . فهى حرارة كامنة وإن لم تكن طاقة كامنة ، لأن الطاقة طبعاً أعم من الحرارة .

وسننظر الآن نظرة فى بعض أنواع الطاقة .

الفصل الأول

الحرارة

من الصعب تعريف الحرارة ، لكن من الممكن أن يقال إنها طاقة تقوم بالجسم فتسبب فينا إحساساً خاصا إذا لمسنا الجسم أو اقتربنا منه قرباً كافياً ، بشرط أن يبلغ مقدارها فى الجسم درجة خاصة .

وقد سمينا الحرارة طاقة لأن من الممكن تحويلها إلى عمل وهذا مشاهد فى حياتنا اليومية ؛ فمن المشاهد مثلاً تحويل حرارة احتراق الفحم فى تنور القاطرة إلى عمل يتجلى فى حركة القطار ونقله الناس والبضائع من بلد إلى بلد ، وهـذا التحويل يحتاج طبعاً إلى آلات خاصة يتم بهـا . ومثل القطار ما يدار بالوقود من آلات للطحن ومضخات وسفن بخارية الخ .

درجة الحرارة : الحرارة فيما نشاهد تنتقل من الأجسام الساخنة إلى الأجسام الباردة عند اتصال بعضها ببعض . فإذا اتصـل جسم بجسم انتقلت الحرارة من الجسم الساخن إلى الجسم البارد بالنسبة له ، أى إلى الجسم الأقل سخونة . وإذا انتقلت الحرارة من جسم إلى جسم قيل إن درجة حرارة الجسم الأول أعلى من درجة حرارة الجسم الثانى .

فدرجة الحرارة هى العامل الذى يعين اتجاه انتقال الحرارة بين الأجسام عند اتصالها .

وشـعورنا بالسخونة والبرودة راجع إلى خلايا عصبية خاصة فى الجلد . فإذا انتقلت إليها الحرارة من شىء عند ملامسته نبهتها تنبيهاً خاصا يسرى فى الأعصاب

المتصلة بتلك الخلايا حتى يصل إلى المخ فيفسره تفسيراً خاصا نعبر عنه بقولنا إن الشيء دافئ أو ساخن أو ما شابه ذلك من تعبير يختلف باختلاف درجة الإحساس . وإذا انتقلت الحرارة من الجلد إلى الشيء فإن الإحساس ينعكس ، ونعبر عنه بقولنا إن الجسم الملموس بارد قليلاً أو بارد كثيراً حسب ما نشعر به إذ ذاك . أما إذا لم تنتقل حرارة من الشيء إلى الجلد ولا من الجلد إلى الشيء لم نشعر بفرق من هذه الناحية عند اللمس وعبرنا عن ذلك تعبيراً مقارباً . فشعورنا بالدفء أو بالبرد متوقف على التفاوت بين درجة حرارة الجلد ودرجة حرارة ما يلامسه من جو أو غيره ، إذ على مقدار هذا التفاوت ، وطول زمن التعرض ، يتوقف مقدار ما يكسبه الجسم من الحرارة مما حوله أو ما يفقده منها .

قياس درجة الحرارة : لكن تأثر الجلد باكتساب الحرارة أو بفقدها لا يكفي للدلالة على الفروق بين درجات الحرارة المختلفة إلا بصورة عامة فى مدى ما ينفع فى الحياة العادية . بل قد تكون الدلالة حتى من هذه الناحية العامة كاذبة ، فانك إذا جئت بثلاث أوان فيها ماء بارد ودافئ ساخن ، وغمست يديك فى البارد والساخن فى وقت واحد ثم نزعتهما وغمستهما معاً فى الماء الدافئ ، فإن إحساسك وحكمك على الماء يختلف باختلاف اليد : تنبئك يدك الساخنة أنه بارد ، وتنبئك يدك الباردة أنه ساخن ، مع أن درجة حرارته طبعاً واحدة . لذلك كان لابد من طريقة أخرى للحكم على الأجسام من حيث درجات حرارتها بحيث تكون غير متوقفة على هذا الإحساس ، وبحيث يمكن بها إدراك الفروق الطفيفة بين درجات الحرارة .

مقاييس درجة الحرارة أو الترمومترات : وقد اهتدى الإنسان إلى حل هذا المشكل بملاحظته أولاً أن السوائل تمدد تمدداً مذكوراً بالحرارة فيزيد

حجمها كلما زاد تسخينها . ومقدار الزيادة يتوقف طبعاً على مقدار السائل ونوعه من ناحية ، وعلى مقدار الحرارة التى يكتسبها وتزيد بها درجة حرارته من ناحية أخرى . فإذا استعمل الإنسان مقداراً ثابتاً من سائل مناسب فإن الزيادة فى الحجم تتناسب مع درجة حرارة ذلك المقدار من السائل . فإذا هو رتب أموره بحيث يتمدد السائل عند زيادة حجمه فى أنبوبة ضيقة متناسقة الضيق ، فإن الزيادة القليلة تبدو كثيرة فى تلك الأنبوبة ، لأن حجم التجويف يساوى طوله × مقطعه ، وما دم المقطع صغيراً ثابتاً فلا بد أن يكون الطول كبيراً نسبيا عند كل زيادة حجمية مذكورة . وبعبارة أخرى تكون الزيادات الحجمية متناسبة مع الزيادة فى طول خيط السائل فى الأنبوبة .

لكن هذا وحده لا يكفى فى قياس درجات الحرارة إذ لابد هنا كما لابد فى كل شىء يراد قياسه من **وحدة** يقاس بها . وهنا تأتى الملاحظة الثانية التى لاحظها الإنسان وسهلت له حل النصف الثانى من مشكلة القياس درجة الحرارة؛ فقد لاحظ بعد أن حصر مقداراً من الزئبق فى بصيلة زجاجية منفوخة فى طرف أنبوبة شعرية ملحومة الطرف الآخر وخالية من الهواء ، بحيث كان الزئبق يملأ البصيلة وجزءاً من الأنبوبة فى درجة الحرارة العادية حتى إذا تمدد بعد ذلك أو انقبض كان تمدده أو انقباضه فى الأنبوبة الشعرية — لاحظ أنه كلما وضع البصيلة مدة كافية فى ثلج مدقوق انقبض خيط الزئبق ووقف دائماً عند نفس النقطة السفلى من الأنبوبة ، وأنه كلما وضعها مدة كافية فى ماء نقى يغلى تمدد خيط الزئبق ووقف دائماً عند نفس النقطة العليا من الأنبوبة . ولما كانت درجة حرارة الزئبق عندئذ هى نفس درجة حرارة الثلج أو الماء الغالى ، استنتج بالطبع أن درجة حرارة الثلج ثابتة ، وأن درجة غليان الماء النقى ثابتة كذلك ، وقال مالى لا أنسب درجات الحرارة إلى هاتين وأقسم ما بينهما إلى عدد من المسافات

فتكون كل مسافة صغرى وحدة لدرجات الحرارة ، وأوجد بذلك مقياساً للحرارة ؟ وقد فعل ، فاتخذ درجة حرارة الثلج أساساً أدنى وسماها صفراً ، لكن رومر قسم المسافة بين الدرجتين إلى ثمانين قسماً ، فكانت درجة غليان الماء على مقياسه هذا ٨٠° ، ومد التقسيم على الأنبوبة من فوق ومن تحت ، فصار بيده مقياس لدرجات الحرارة أخذه الناس عنه وعرف باسمه ، فصار يسمى **مقياس رومر** أو **ترمومتر رومر** .

فمقياس رومر فيه درجة سيحان الثلج صفر ، ودرجة غليان الماء تحت الضغط الجوى ٨٠° رومرية .

المقياس المئوى : ثم جاء بعد رومر من رأى أن الأوفق تقسيم ما بين درجتى سيحان الثلج وغليان الماء إلى مائة قسم بدلاً من ثمانين ، ففعل ونشأ المقياس المئوى أو الترمومتر المئوى ، وهو يتحد مع الرومرى فى الصفر و يختلف عنه فى درجة غليان الماء إذ هى عليه ١٠٠° وعلى الرومرى ٨٠° .

مقياس فارنهيت : أما فارنهيت فلم يتخذ سيحان الثلج ولا غليان الماء أساساً و إنما اتخذ أساسه درجة حرارة الجسم . لاحظ أن الزئبق يتمدد حتى يقف فى الأنبوبة دائماً عند نقطة واحدة إذا وضع مستودع زئبق الترمومتر فى فم الإنسان مدة كافية ، فاتخذ هذه النقطة أساساً ، وقسم ما تحتها اعتباطاً إلى ٢٤ قسماً فكانت هى طبعاً القسم الرابع والعشرين . وعلى هذا المقياس وجد أن درجة حرارة الثلج ٨ فقط . ثم وجد أن هذه الأقسام كبيرة غير مناسبة فقال أقسمها أرباعاً وأتخذ كل ربع وحدة . وقد فعل ، فصارت درجة حرارة الجسم ٩٦ بدرجات فارنهيت هذه ، ودرجة حرارة الثلج ٣٢ ، ولما قيست درجة غليان الماء وجدت على هذا المقياس ٢١٢ .

فمقياس فارنهيت فيه درجة سيحان الثلج ٣٢° ف أى فارنهيتية ، ودرجة غليان الماء ٢١٢° ف .

أى أن : —

٨٠° رومرية = ١٠٠° مئوية = ١٨٠° فارنهيتية .

ومن هنا يمكن تحويل الدرجات بعضها إلى بعض ، من مقياس إلى مقياس .

المقياس الطبى أو الترمومتر الطبى : لكن استعمال الترمومتر الفارنهيتى أو المئوى العادى للأغراض الطبية فى قياس درجة حرارة الإنسان محوط بصعوبة نزول الزئبق بعد إخراج الترمومتر من الفم عما كان عليه وهو فى الفم . طبعاً من الممكن قراءة الترمومتر وهو فى الفم ، لكن هذا فيه من المضايقة للطبيب والمريض ما فيه . ففكر من فكر فى أن يلوى مجرى الأنبوبة الشعرية بعض اللىّ ويزيد فى ضيقها بعض الزيادة عند عنقها ، أى فويق موضع اتصالها بالبصيلة التى هى مستودع الزئبق . فإذا تمدد الزئبق فاض حتى يبلغ مبلغه فى الأنبوبة كأن لم يكن فى شعريتها عوج ولا حبسة ، حتى إذا خرج المقياس من الفم انقبض زئبق المستودع أولاً فانقطع خيط الزئبق عند الملتوى أو الحبسة فظل بقية الخيط فى الأنبوبة يقرأ طرفه الأعلى من يريد . وأثر الحبسة فى منع الزئبق من الرجوع إلى المستودع واضح ، حتى إن رده إلى المستودع بعد ذلك يحتاج إلى شىء من الهز العنيف .

هذا هو الترمومتر الطبى . وقد يكون مئوياً فتكون درجة حرارة الجسم عليه ٣٧°م ، أو فارنهيتيا فى مثل انجلترا فتكون درجة الجسم عليه ٩٦°ف .

الترمومتر الكحولى : هذا ترمومتر فيه يستعمل الكحول الملون بدلاً من الزئبق . وله مساوئ ومحاسن . فمن مساوئه أنه لايمكن استعماله حتى فى قياس

درجة غليان الماء لأن درجة غليان الكحول هى ٧٨°م ؛ لكن درجة غليان الزئبق ٣٥٨°م ولذا فالترمومتر الزئبق يفضل الكحولى فى الصلاحية لقياس الدرجات العالية نسبيا . أما فى درجات الحرارة المنخفضة فتنعكس الآية و يصير الفضل للكحولى على الزئبق ، لأن درجة تجمد الزئبق ٣٩°م فى حين أن درجة تجمد الكحول حوالى — ١٣٠°م ، فيمكن استعمال الترمومتر الكحولى فى قياس الدرجات المنخفضة حيث لا يمكن استعمال الزئبق قط . وهذا من أظهر محاسن الترمومتر الكحولى . وحسنة أخرى أن قابليته للتمدد بالحرارة أكبر من قابلية الزئبق فيكون القياس به أظهر وأدق .

الترمومتر الغازى والمقياس المطلق : إن الغازات أكبر تمددا بالحرارة من السوائل كما أن السوائل أكبر تمدداً من الجوامد ، فمن المعقول أن يكون الترمومتر الذى أساسه غاز مكين يتمدد أو ينقبض أكبر حساسية من الترمومتر الذى أساسه سائل . كذلك المدى الذى يستعمل فيه ترمومتر كهذا فى قياس الدرجات المنخفضة أو المرتفعة أكبر كثيراً من مدى الترمومتر الكحولى أو الزئبق ، وإن كان لا بد لقياس الدرجات المرتفعة من تقليل ضغط الغاز فيه ومن صنع بصيلة من مادة صعبة الانصهار . لكنا لم نذكر الترمومتر الغازى لنَصفه ولكن لننبه إلى أمرين اثنين يتعلقان به : الأول أن أشهر هذه الترمومترات مبنى على تمدد الغاز تحت ضغط ثابت . وقد وجد أن الغاز المكين يتغير بقدر $\frac{1}{273}$ من حجمه الذى يكون له عند درجة الصفر المئوى تحت ضغط يساوى الضغط الجوى ، وذلك لكل درجة واحدة من درجات الحرارة المئوية تزدادها درجة حرارته أو تنخفضها . ومقتضى هذا أننا لو خفضنا درجة حرارته ٢٧٣°م تحت الصفر يصير حجم الغاز صفراً و ينعدم الغاز . لكن هذا الاستنتاج طبعاً

غير صحيح لأن جزيئات الغاز لا تنعدم بالتبريد مهما كان شديداً ، و إنما الذى ينعدم أو بالأحرى ينتظر أن ينعدم هو المسافات بينها من ناحية ، وحركتها من ناحية أخرى . وهذا كان أول ما أوحى إلى العلماء فكرة المقياس المطلق الذى صفره يساوى — ٢٧٣°م . وهذا هو الأمر الثانى الذى أردنا التنبيه إليه مما يتعلق بالترمومتر الغازى .

الفرق بين مقدار الحرارة ودرجة الحرارة : قد يظن أن درجة الحرارة هى مقياس لمقدار الحرارة . هـذا صحيح على وجه ما فيما يتعلق بكل جسم على حدته ، لكنه ليس صحيحاً على إطلاقه فيما يتعلق بجميع الأجسام . ذلك أن للأجسام *سعة حرارية* تختلف باختلاف كتلة الجسم ونوع مادته . فإذا وضعنا فى كتلتين متساويتين من مادتين مختلفتين مقداراً واحداً من الحرارة لم ترتفع درجة حرارتهما بنسبة واحدة ، ولو وصلنا بينهما لسرت الحرارة من أحدهما إلى الآخر .

على أن الفرق بين مقدار الحرارة ودرجة الحرارة يتبين بوضوح من المقارنة الآتية :

إذا وضعنا مقداراً واحداً من الماء فى إناءين مختلفى السعة فإن ارتفاع الماء فى الإناء الأضيق يكون أكبر منه فى الإناء الأوسع مع أن مقدار الماء واحد فى الإناءين ؛ ولو وصلنا الإناءين من أسفل أحدهما بالآخر بالاستطراق لسال الماء من الإناء الأضيق إلى الإناء الأوسع لأن ارتفاعه فى الأول أكبر منه فى الثانى ، أو بالأحرى لأن ضغطه فى الأول عند ملتقى الماءين أكبر منه فى الثانى . كذلك الأجسام بالنسبة للحرارة تختلف فى السعة الحرارية : بعضها يكفى قليل من الحرارة لملئه ؛ و بعضها واسع يحتاج إلى مقدار كبير من الحرارة لملئه إلى نفس الارتفاع

الحرارى ؛ ولو وصلنا الجسمين بعد وضع مقدار واحد من الحرارة فيهما بموصل جيد لسالت الحرارة من أقلهما إلى أكبرهما سعة حرارية لأن ارتفاع الحرارة فى الأول يكون أكبر منه فى الثانى .

فالحرارة هنا تقابل الماء فى الإناءين ؛ ودرجة الحرارة تقابل ارتفاع الماء فى الإناءين ؛ ومقدار الحرارة يقابل مقدار الماء ؛ والسعة الحرارية للجسمين تقابل السعة المائية للإناءين ؛ وسريان الحرارة من الجسم الذى درجة حرارته أكبر إلى الجسم الذى درجة حرارته أقل يقابل جريان الماء من الإناء الذى ارتفاع الماء فيه أكبر إلى الإناء الذى ارتفاع الماء فيه أقل ؛ ويستمر سريان الحرارة من أحد الجسمين إلى الآخر حتى تستوى درجة الحرارة فيهما كما يستمر جريان الماء بين الإناءين حتى يستوى ارتفاع الماء فيهما .

فالفرق بين مقدار الحرارة ودرجة الحرارة فى جسم كالفرق بين مقدار الماء وارتفاع الماء فى إناء .

الحرارة النوعية : والمقارنة بين المواد فى سعتها الحرارية لا تمكن حتى يُستعمل منها كتل متساوية ، لأن الأجسام بالطبع تختلف سعتها الحرارية باختلاف كتلتها عند اتحاد النوع . وقد اتفق العلماء على استعمال وحدة الكتل عند المقارنة بين السعة الحرارية للمواد ، وسمّوا مقدار الحرارة اللازم لرفع الجرام من مادة ما درجةً واحدة من الحرارة **الحرارة النوعية** لتلك المادة .

والحرارة النوعية مختلفة باختلاف المواد : لكل نوع من المادة حرارة نوعية كما لكل مادة كثافة نوعية . واختلاف الحرارة النوعية دليل اختلاف المواد فى السعة الحرارية .

والحرارة النوعية كما ترى هى مقدار من الحرارة ، ولا بد لقياس مقادير الحرارة

من **وحدة** . فاصطلحوا على اتخاذ مقدار الحرارة اللازم لرفع جرام من المـاء درجة واحدة (من صفر إلى ١ ° م) **وحدة لكميات الحرارة** وسموها **سعراً** .

ويتنج من تعريف السُعر أن **الحرارة النوعية الماء هى واحد** . لكنهم وجدوا أن الحرارة النوعية الماء تختلف قليلاً باختلاف درجات حرارته : تنقص بالتدريج إلى نحو ٤٠ ° م ، ثم تعود فتزيد بالتدريج إلى درجة الغليان . وهـذا هو السبب فى قولهم (من صفر إلى ١ ° م) فى تعريف **السعر** عند إرادة الدقة فى التعبير .

وقد قاسوا الحرارات النوعية فوجدوا المـاء أكبرها فى الجملة ، إذا استثنينا الإدروجين الذى تبلغ حرارته النوعية ٣٫٤ ؛ ووجدوا الحرارة النوعية لغير الإدروجين من العناصر أقل كثيراً من الواحـد ، وأن العنصر فى الجملة يحتفظ بحرارته النوعية فى مركباته ، أى أن من الممكن حسبان الحرارة النوعية المركب على وجه التقريب إذا عرفنا رمزه الجزيئى . وصغر الحرارة النوعية للعناصر وثبوتها هما السبب فى أن الحرارة النوعية للأجسام على سطح الأرض تنقص قليلاً أو كثيراً عن الواحد أى عن الحرارة النوعية الماء . كما وجدوا أن الحرارة النوعية لمـادة ما تختلف باختلاف حالتها ، فهى فى حالة الجمودة غيرها لنفس المـادة فى حالة السيولة ، غيرها فى حالة البخارية ؛ وهى فى حالة السـيولة أكبر منها فى أى الحالتين الأخريين . فالحرارة النوعية للثلج مثلا هى ٥ر فى حين أنها ٤٨ر للبخار عند درجة ١٠٠ ° م . ثم وجدوا أن الحرارة النوعية على العموم تزداد بارتفاع درجة الحرارة ، أى أن الجسم كلما كانت درجة حرارته الابتدائية أعلى احتيج إلى مقدار من الحرارة أكبر لرفع الجرام منه درجة فوق تلك الدرجة .

ولكبر الحرارة النوعية ، أو إذا شئت السـعة الحرارية ، الماء بالنسبة لمـا عداه من الأجسـام أثر غير قليل فى الحياة . فهو مثلاً السبب فى هبوب نسيم

البحر ونسيم البر . إن مقدار الحرارة الساقطة من الشمس على المساحة الواحدة من البحر والبر واحدة ، لكن لما كانت السعة الحرارية الماء أكبر كثيراً من السعة الحرارية لليابس ، كانت درجة حرارة البحر بالنهار أقل كثيراً من درجة حرارة البر . ونتيجة ذلك هبوب نسيم البحر على البر طريًّا بالنهار ليحل محل ما صعد من هواء البر الملامس لليابس الساخن . والعكس يحدث بالليل ، لأن البر سرعان ما تتشعع حرارته إذا غابت الشمس فتنخفض درجتها انخفاضاً محسوساً عن درجة حرارة البحر ، فيهب النسيم بالليل بارداً من البر إلى البحر ليحل محل ما تصاعد من الهواء الدافىء الملامس للماء ، وهذا الهواء الدافىء يعود طبعاً فينزل إلى البر ليحل محل ما تحرك من هوائه البارد تلقاء البحر . فاختلاف الحرارة النوعية لليابس والماء يسبب تبادل الهواء بين البحر والبر فى اتجاهين متضادين بالنهار وبالليل . ومهما يكن الحال بالليل فإن هبوب نسيم البحر يروح عن الإنسان بالنهار ويلطف من حرارة الجو على شواطىء البحار .

تمدد الأجسام بالحرارة : الأجسام فى الجملة تتمدد بالحرارة وتنقبض بالبرودة ، والجوامد أقل تمدداً بالحرارة من السوائل ، كما أن السوائل أقل تمدداً من الغازات . وقد رأيت مُثُلاً من انتفاع الإنسان بتمدد السوائل وانقباضها فى الترمومترات ، كما رأيت فى نسيم البر ونسيم البحر مَثلاً من علاقة أثر الحرارة فى الغازات بحياة الإنسان .

على أن الإنسان مضطر فى حياته لأن يحسب حساب تأثر الأجسام بالحرارة ولو كانت جوامد ، فتارة يحتاط منها أن تُدخل شيئاً من الفساد على بعض أعماله ، وتُعرضه بذلك لبعض الخطر ؛ فهو فى بناء السكك الحديدية مثلاً مضطر إلى ترك تلك الفجوات التى تراها فى طول القضيب الواحد حتى إذا تمددت القضبان بحرارة

الاحتكاك أو بحرارة الشمس وجدت منفرَجاً تمدد فيه و إلا تقوست وعرضت القطار المسرع إلى كثير من الخطر . وهو أيضاً مضطر إلى أن يرخى من الأسلاك الممدودة لأغراض عامة كهربائية بعض الإرخاء حتى إذا انقبضت بالبرودة وجدت منقبَضاً ولم تزلزل بانقباضها الأعمدة التى تحملها . صحيح أن درجة تمدد الحديد أو النحاس بالحرارة صغيرة ، لكن الأطوال العظيمة التى تستعمل من القضبان والأسلاك تجعل التمدد أو الانقباض الكلى شيئاً مذكوراً يحسب حسابه و إلا تعرض عمل الإنسان فيهما لكثير من الفساد . و بالمثل يحتاط الإنسان لأثر الحرارة والبرودة فيما يبنى من قناطر و يصنع من آلات ؛ حتى الساعات يجب عند صنعها أن يحسب حساب تمدد أجزائها فى الصيف وانقباضها فى الشتاء خصوصاً تمدد الرقاص وانقباضه ، و إلا قدمت الساعة فى الشتاء وأخرت فى الصيف .

وقد يتجاوز الإنسان الاحتياطَ من التمدد إلى تسخيره لمنفعته ، كما لعلك لاحظت فى صنع العجلات ؛ فإن إطار العجلة الخشبي لا بد له من طوق يمسكه و ينطبق من حوله تمام الانطباق ، فترى الصانع يقدر قطر الطوق بحيث يضيق عن أن يلبس الإطار وهو بارد ويلبسه وهو محمى . فيسخنه الصانع ، حتى إذا تمدد بالإحماء أدخل فيه الإطار ، حتى إذا لبسه صب عليه الماء فانقبض فأمسك بالخشب بقوة دونها قوة الدق بمسمار .

الفصل الثانى

طرق انتقال الحرارة

تنتقل الحرارة بواحد أو أكثر من ثلاثة طرق :

(١) **التوصيل** : وهو اسم يطلق على نقل الحرارة من نقطة إلى نقطة فى جسم من غير انتقال أجزاء الجسم . فإذا أخذنا مثلاً قضيباً من حديد أو سلكا من نحاس ووضعنا طرفه فى نار أحسسنا فى الطرف الآخر بحرارة تزداد شيئاً فشيئاً كلما طال مكث الطرف الأول فى النار ؛ وهذا لا يتيسر إلا إذا كانت الحرارة سرت فى القضيب أو السلك كله ، ومن المشاهد أن القضيب متماسك لم تنتقل أجزاؤه من طرف إلى طرف .

والأجسام تختلف فى درجة توصيلها الحرارة ، أى فى سهولة سريان الحرارة فيها . فهناك موصلات جيدة للحرارة كالفلزات وكل مايصنع منها ، وهناك موصلات رديئة للحرارة لا تسرى فيها الحرارة إلا بصعوبة تختلف باختلاف رداءة التوصيل مثل الخشب والمطاط والزجاج واللافلزات على العموم إلا بعضاً منها فى بعض حالات تبلوره كما رأيت فى الجرافيت . ورداءة توصيل مثل الخشب والزجاج أمر واضح ، فإن أحدنا يأخذ بطرف عود الثقاب الملتهب فلا يحس بحرارة إلا إذا وصلت النار إلى ذلك الطرف ، أو يأخذ بطرف مِرْود قصير من الزجاج و يسخن الطرف الآخر فى لهب حتى يسيح أو يحمر فلا يحس لذلك أى أثر فى الطرف الذى هو ممسك به .

والموصلات الجيدة لا تستوى فى جودة التوصيل ، فأجود الفلزات توصيلا النحاس والفضة ثم الذهب ، أما البلاتين والحديد فيبلغان فى ذلك نحو خمس النحاس ، وأما الزئبق فيبلغ نحو عُشر الحديد فى جودة التوصيل .

كذلك الموصلات الرديئة تختلف فى رداءة التوصيل . فإذا تخذنا زجاج النوافذ معياراً لرداءة التوصيل فى الجوامد — ومقدرته على التوصيل ، أو مُوَصّليته كما يصح أن تسمى ، هى نحو عُشر موصلية الزئبق — كان كبريت العمود وشمع البرافين أردأ توصيلاً منه بنحو أربع مرات ، والورق بنحو ثمان مرات ، والحرير بنحو عشر مرات ، والصوف والقطن المشوطان والفاين بنحو عشرين مرة . أما الأخشاب فتختلف رداءة توصيلها باختلاف النوع ، وفى النوع الواحد باختلاف الاتجاه فيه .

والسوائل ماعدا الزئبق رديئة التوصيل . فلو سخنا سائلاً كالماء من أعلى فى أنبوبة اختبار لظل جزؤه الأسفل بارداً ، ولو كان فيه ثلج مثقل بقطعة من حجر تمنعه أن يطفو لما ساح الثلج . والسوائل تختلف فى رداءة توصيلها فالجلسرين أردأ توصيلاً من الماء ، والكحول أردأ من الجلسرين وإن كان الفرق بينهما ليس كبيراً . أما موصّلية الماء فهى تقريباً نصف موصلية زجاج النوافذ أى أن الماء ضعف الزجاج فى رداءة التوصيل ؛ وأما الجلسرين فهو فى ذلك مثل كبريت العمود .

والغازات أردأ الأجسام كلها توصيلاً . فالهواء مثلاً أردأ توصيلاً من الفلين أو الصوف المشوط بنحو ثلاث مرات . ويستثنى من الغازات الإدروجين فإنه أحسن توصيلاً من الهواء بنحو سبع مرات .

والملابس تحفظ على الجسم حرارته لسببين : الأول سوء توصيل مادتها هى من صوف أو قطن أو حرير ، والثانى سوء توصيل الهواء الذى يتخلل نسيجها . وفضل الصوف على القطن من هـذه الناحية راجع إلى أنه أكثر من القطن مساماً ، فالطبقة الهوائية التى فى الصوف أسمك من التى فى مثل وزنه من القطن . على أن هذه الطبقة الهوائية ليست ثابتة بل تتغير بالتدريج ، ويعين على

تغيرها التدريجى فى الصوف كثرة مسامه ، وتغيرها يسمح بخروج ما يلى الجلد من الهواء المتشبع بالبخار . أما القطن فهو من ناحية يحبس هذا الهواء لقلة مسامه ومن ناحية أخرى يمتص بطبيعته بخار ما يمر خلاله إلى الخارج فيبتل ، و يتعرض الجسم للبرودة بتبخر هذه الرطو بة خصوصاً عند التعرض للهواء .

ومن الممكن توضيح الفرق بين الموصل الجيد والموصل الردىء بتجربة سهلة : يؤتى بقطعتين متشابهتين من الورق الرقيق تلتصق إحداها بقطعة من الخشب والأخرى بلوح من النحاس وتعرض الورقتان الواحدة بعد الأخرى للهب مصباح زمناً واحـداً بطريقة واحدة ، فإن الورقة الملتصقة بالخشب تتفحم فى حين أن الورقة الملتصقة بالنحاس لا يكاد يصيبها من التفحم شىء لأن الحرارة تنتقل من الورقة الرقيقة إلى النحاس فيصرفها عنها بجودة توصيله . ومن الممكن أن يجمع بين جزءى هذه التجر بة فى تسخين واحد بأن يلصق بين الورقة والخشبة سلك أو شريحة من النحاس على أى شكل كان ثم تسخن الورقة فتتفحم إلا أجزاءها الملامسة للنحاس . أى أن شكل السلك أو الصفيحة يبقى على الورقة بياضاً فى سواد . و باتخاذ السلك من فلزات مختلفة يمكن إلى حد ما المقارنة بين الفلزات من حيث جودة التوصيل .

وقد انتفع السـير همفرى ديفى بجودة توصيل الفلزات للحرارة فى صنع **مصباح الأمن** ليقى الفحامين شر الانفجارات التى كانت كثيراً ما تحدث فى مناجم الفحم قبل اختراعه هذا المصباح . ذلك أن العال فى مناجم الفحم لا بد لهم من الاستضاءة فى جوف الأرض إذا ذهبوا لاستخراج الفحم من مظانه . وكانوا يستضيئون بمصابيح زيتية يتصل لهبهـا طبعاً بجو المنجم ، لـكن هذا الجو كثيراً ما يحتوى على مقادير من غازات عضوية قابلة للاشـتعال تخرج من بين شقوق الفحم فتختلط بالهواء ، حتى إذا بلغت نسبتها فيه مقداراً خاصا ومس هذا المخلوط

الغازى لهب انفجر وأهلك العمال إن لم يقوض المنجم . وقد دفع السير ه . ديفى هذا الشر الكبير عن مناجم الفحم وعمالها بأمر بسيط هو أن أحاط الفراغ حول لهب المصباح بشبكة فلزية من النحاس . هذه الشبكة إذا تخللها الغاز التهب داخلها من غير أن يسرى اللهب إلى خارجها لأنها لجودة توصيلها توزع الحرارة من الغاز الملتهب فتخفض درجتها عن درجة التهاب الغاز ، أى درجة الحرارة التى لابد أن يسخن الغاز إليها قبل أن يمكن اشتعاله . فإن لكل مادة قابلة للاشتعال درجة حرارة لا بد أن تبلغها قبل أن يمكن اشتعالها تعرف **بدرجة الالتهاب** .

(٢) **الحمل** : هذا هو الطريق الثانى لنقل الحرارة ، ويراد به نقل الحرارة بواسطة حَمْل أجزاء الجسم إياها **من مكان الى مكان** ، وهذا لا يكون إلا فى الموائع من سوائل وغازات . فإذا سخنا مثلاً إناء فيه ماء وجدنا الماء يسخن كله بعد زمن ، لكن الحرارة لم تسر فيه كما سرت فى قضيب الحديد أو سلك النحاس من غير أن تزايل أجزاؤه مكانها ، وإنما سرت بانتقال نفس أجزاء الماء فى الإناء من مكان إلى مكان أثناء التسخين . ومن الممكن إذا ألقينا فى الماء المسخن أجساماً خفيفة صغيرة من ورق أو نشارة أو نخالة ، أن نشاهد انتقال أجزاء الورق أو النخالة من أسفل إلى أعلى ومن أعلى إلى أسفل بانتقال أجزاء الماء . وقد عرفنا قبلُ أننا إذا سخنا الماء من أعلاه حتى يغلى لم يسخن أسفله ، وهذا يدل على أن الحرارة لا تنتقل فى الماء أثناء التسخين بالتوصيل .

والسر فى انتقال أجزاء السائل من أسفل إلى أعلى إذا سخنت أنها تتمدد أى يزداد حجمها مع ثبوت كتلتها فتقل كثافتها وتخف عن الأجزاء العليا التى لم تتمدد أو التى لم تبلغ من الخفة بالتمدد نفس الدرجة ، فتطفو الأجزاء الأخف ويحل محلها الأجزاء الأكثف ، فتسخن هى أيضاً ، فتخف ، فتطفو ، فيحل غيرها محلها

وهلم جرا إلى أن يسخن السائل كله بدرجة واحـدة ، وذلك يكون فى العادة عند الغليان .

ولأجزاء السائل من الأثر فى صرف الحرارة عن الإناء بالحمل ما لأجزاء الموصل فى صرفها عن الغاز الملامس له فى مصباح الأمن أو الورقة فى تجربة الورقة والنحاس ، فإن درجة حرارة الإناء لا ترتفع على العموم فوق درجة غليان السائل إلا قليلاً حتى إن من الممكن أن تغلى المـاء فى وعاء من الورق الرقيق من غير أن يحترق الورق لأن درجة التهاب الورق أعلى كثيراً من درجة غليان الماء . لكن يشترط لذلك أن يكون الماء متصلاً مباشرة بجدر الإناء ، أى يشترط ألا يكون هناك عازل حرارى بين الإناء و بين المـاء كما قد يحدث فى مراجل القطارات أو السفن أو غيرها من الآلات البخارية إذا كان الماء المستعمل فى توليد البخار ماء عسراً أى به مقادير مذكورة من الأملاح الذائبة فيه ، فإن هذه الأملاح تتخلف فى المرجل بعد تبخر الماء وتكوّن طبقة رديئة التوصيل حول جدران المرجل تحول من ناحية دون سرعة غلى الماء وتوليد البخار المضغوط ، وتحول من ناحية أخرى دون حمل الماء للحرارة عن جدران المرجل ، فتسخن جدران المرجل كثيراً فوق درجة حرارة الماء الذى فيه وربما قربتها من درجة السيحان وعرضتها للانفجار بضغط البخار . لذلك كان من المهم جدا أن يستعمل لتوليد البخار فى الصناعة الماء اليسر الذى لا يحتوى على مقادير تذكر من الأملاح الذائبة فيه ، وأن ينظف باطن المراجل من حين إلى حين .

ومثل السوائل فى الحمل الغازات . فالغاز إذا لامس جسماً ساخناً سخُنت أجزاؤه فتمددت فخفت فارتفعت وحل محلها أجزاء أخرى أكثف منها فتسخن فترتفع وهلم جرا ، وهذا هو السبب فى حدوث تيارات هوائية فى الغرف إذا كان بها نار ، كما أن هذا هو السبب فى حركة الرياح من المناطق الاستوائية إلى المناطق

الباردة فى الشمال والجنوب فى مناطق الجو العليا ، ومن المناطق الباردة إلى المناطق الاستوائية فى مناطق الجو السفلى . يسخن الهواء فى المناطق الاستوائية فيصعد فتحل محله الكتل الهوائية من المناطق المجاورة وتحل أخرى محل هذه وهلم جرا : كلما سخنت كتلة صعدت ، وكلما برد الهواء فى أعالى الجو نزل ، فلا يزال الهواء بين حركتين دوريتين أفقيتين ورأسيتين ، ومن بين هاتين الحركتين تنشأ النسم والرياح . أما اتجاه هذه الرياح فلحركة الأرض حول نفسها من الغرب إلى الشرق أثر فيها .

كذلك فى المحيطات تنشأ تيارات سطحية ناشئة من تحرك الماء الدافئ من المناطق الاستوائية صوب الشمال وصوب الجنوب ، وتحرك الماء البارد من الشمال والجنوب صوب المناطق الاستوائية ليحل محل مائها .

(٣) **الإشعاع** : ومعنى ذلك انتقال الحرارة من الجسم الساخن إلى الفضاء حوله بدون حاملٍ كالهواء ولا موصلٍ كالحديد ، أى بطريق آخر غير طريق الحمل والتوصيل يسمى طريق الإشعاع تشبيهاً بتشعع الحرارة إلينا من الشمس كما يتشعع الضوء ، إذ الناقل للحرارة والضوء فى الحالين واحد هو ذلك الذى سماه العلماء **الأثير** . فإذا نحن جلسنا نستدفئ أمام نار لم تأتنا حرارتها إلا عن طريق الإشعاع ، فإن الهواء الذى يسخن بالنار لا يتحرك إلينا وإنما يصعد إلى أعلى ، فما نحسه من حرارتها فى هذه الحالة لم يحمله إلينا الهواء ولكن حمله إلينا الأثير . فالنار إذا أوقدت تفقد حرارتها عن طريقين : طريق الحمل بالهواء ، وطريق الإشعاع فى كل اتجاه بالأثير .

وقد وجدوا أن للحرارة المنبعثة بالإشعاع جميع خواص الضوء إلا الرؤية بالعين . فهى مثله تعبر الفراغ الخالى من كل غاز ، وتعبره فى طريق مستقيم ، فإذا لاقت فى طريقها سطحاً فلزيا مصقولاً انعكست طبق قوانين انعكاس الضوء ، وإذا

اعترض طريقها جسم شفاف لها ، أى يسمح لها بالمرور فيه ، مرّت وانكسرت عن طريقها الأول انكساراً قليلاً . وسنعرف إذا نظرنا فى الضوء أن الضوء الأحمر أقل الأضواء المرئية انكساراً . والحرارة انكسارها أقل من انكسار الضوء الأحمر ؛ فهى على أى حال تنكسر وتتبع فى ذلك قوانين الانكسار . ويجب أن نذكر أن الأجسام الشفافة للضوء لا يلزم أن تكون شفافة للحرارة . فالزجاج مثلاً يحجبها ، لكن بلورات ملح الطعام الخشن لا تحجبها . وقد استعمل فى اختبار انكسار الحرارة منشورات من ملح الطعام أو من مادة تشبهه فى ذلك مثل كلوريد البوتاسيوم . ولما كان الضوء الأحمر أطول الأضواء المرئية موجة وأقلها انكساراً ، وكانت الأضواء المرئية يقل انكسارها كلما طالت موجتها ، فقد اتخذ نقصان الحرارة عن الضوء الأحمر فى الانكسار دليلاً على أن موجاتها أطول من موجات الضوء الأحمر . وقد وجدوا أن هناك موجاتٍ حرارية مختلفة ، كما أن هناك موجات ضوئية مختلفة .

كذلك وجدوا أن سرعة الحرارة فى الأثير هى نفس سرعة الضوء ؛ فهى تصلنا من الشمس مع ضوئها فى آن واحد فى الصباح ، وتنقطع عنا دفعة واحدة إذا انقطع عنا فى الكسوف الكلى .

فالحرارة الإشعاعية والضوء من قبيلٍ واحد ، لا تختلف عنه إلا فى أن موجتها أطول كثيراً من موجته . والموجات الطويلة يحسها جلدنا ولا تحسها أعيننا ؛ ولو كان هناك عين تحس الموجات الطويلة ، أو بعبارة أخرى تتأثر شبكيتها بالموجات الإشعاعية الطويلة ، لأبصرت فى الظلام كل جسم يشع بالحرارة . وقد تكون أعين الحيوانات التى تصيد بالليل من هذا القبيل فتبصر فريستها بالموجات الحرارية المنبعثة منها لا بالموجات الضوئية .

حكم الحرارة والضوء حين يسقطان على الأجسام : إذا سقطت الحرارة والضوء أحدهما أو كلاهما على جسم حدث لهما واحد أو أكثر من ثلاثة أمور : **الامتصاص** أو **الانعكاس** أو **النفوذ** من الجسم ؛ أى أن الطاقة الحرارية أو الضوئية إما أن تُمتص ، وإما أن تعكس ، وإما أن تخترق الجسم الذى تسقط عليه . والغالب أن هذه الأمور تحدث كلها للحرارة والضوء إلى درجة ما ، فجزء يمتصه الجسم أى يبقى فيه ، وجزء ينعكس عن سطح الجسم إلى ما حوله فلا يمتص ولا يمر فى الجسم ، وجزء يمر مخترقاً الجسم من غير أن يمتص فيه أو ينعكس عنه ؛ غير أننا قد لا نشعر بالجزء الممتص أو المنعكس أو المخترق لصغره ، فنظن فى هذه الحالة أنه لم يكن امتصاص أو انعكاس أو اختراق .

والجوامد تختلف فى هذه الأمور الثلاثة بالنسبة للحرارة ، كما تختلف فيها بالنسبة للضوء ، وهى أكثر اختلافاً فيها بالنسبة للاثنين . فمن الأجسام ما هو شديد الامتصاص للحرارة والضوء كليهما ، ككل جسم قاتم أو أسود خصوصاً السناج فإنه أشد الأجسام كلها امتصاصاً للاثنين . والفلزات والأجسام البيضاء من أقلها امتصاصاً ، فى حين أنه قد وجد أن قوة الامتصاص تختلف باختلاف *مصدر* الأشعة ، أو بالأحرى باختلاف طول الموجة الحرارية كما فى الضوء ، اللهم إلا فى حالة السناج فقد وجد إلى الآن أنه خير الأجسام امتصاصاً للموجات كلها .

ويتعلق بالامتصاص *نفث* الطاقة الممتصة ، أى إشعاعها ، بعد زوال مصدرها . وقد وجد أن الإشعاع يتبع فى العادة الامتصاص . فالسناج أقوى الأجسام إشعاعاً ، كما هو أقواها امتصاصاً . والفلزات من أقلها نفثاً أو إشعاعاً ، كما هى من أقلها امتصاصاً .

وهذا الترتيب ينعكس بالنسبة لارتداد الموجات الإشعاعية عن الأجسام .

فالسناج لا يكاد يعكس منها شيئاً ، فى حين أن أقوى الأجسام من هذه الناحية الفلزات والأجسام البيضاء ومنها الملابس . وخير الأجسام الفلزية فى ذلك الشبَه أو النحاس الأصفر ، فالفضة ، فالذهب ، فالقصدير ، فالفولاذ . أما الزجاج فعُشر النحاس الأصفر فى ذلك ، وسُبع الفولاذ . على أنه ينبغى أن نذكر أن هذه المقدرة على رد الموجات الإشعاعية تتوقف أيضاً على مصدر الموجات ، أو بالأحرى على طولها ، و إذن فقد يختلف ترتيب الأجسام بالنسبة لهذه الخاصة إذا اختلف طول الموجات .

أما الشفافية الحرارية فأمرها أعقد من الامتصاص والانعكاس . فقد وجد أن السناج شفاف بالنسبة لبعض الموجات الحرارية العظيمة الطول ، فى حين أن الزجاج تختلف شـفافيته باختلاف الموجات وطولها ؛ فقد وجد لَنْجلِى أنه شفاف إلى درجة كبيرة أو صغيرة بالنسبة لجميع الموجات الإشعاعية الشمسية ، فى حين وجد مِلّونى أن لوحاً من الزجاج سمكه ملليمتران يحجب نصف الحرارة الآتية من المصباح تقريباً ، وكلّ الحرارة التى ينفثها السناج بعد امتصاصها . وقد رأيت قبل أن الملح الخشن يسمح بمرور الأشعة الحرارية التى يمتصها الزجاج .

الامتصاص والنفث للغازات والأبخرة : كان تِنْدال من أول من امتحن الغازات والأبخرة من ناحية امتصاصها للأشعة الحرارية وقد أيدت نتائجه القاعدة العامة أن النفث يتبع الامتصاص : يقوى حين يقوى ، و يضعف حين يضعف . وقد وجد أن الهواء والأكسيجين والأزوت والادرجين لاتكاد تمتص شيئاً سواء كان ضغطها جويا أو أقل من جوى ، فى حين أن الكلور أقوى منها امتصاصاً أربعين مرة ، وقد يكون هذا راجعاً إلى لونه و إن كانت الأشعة حرارية غير ضوئية . وقد وجد أيضاً أن مقدرة المركبات الغازية على الامتصاص أعظم كثيرا من مقدرة العناصر الغازية ، وأن **امتصاصها** هذه تزيد كثيراً كلما قل

ضغطها عن الضغط الجوى وزاد تعقيدها فى التركيب ، فى حين أن مقدرة الأبخرة على الامتصاص كانت أكبر من مقدرة الغازات . وقد وجد تندال أن بخار الماء كبير امتصاص الموجات الاشعاعية غير الضوئية ، فوجوده فى الجو يلطف من حرارته ؛ إلا أن ما يمتصه طبعاً ينفثه إذا زال مصدر الموجات ، وهذا يفسر دفء الجو إذا احتجبت الشمس بعد طلوع وارتفعت درجة رطوبة الهواء . وقد وجد أيضاً أن بخار الماء يحجب أكثر الأشعة الحرارية الناجمة عن احتراق الإدروجين ، أى عن تكون الماء ، فى حين أن سُمْك نحو نصف سنتيمتر من الماء يحجب كل تلك الأشعة تماما . وهذا مثل خاص من قاعدة عامة فيما يبدو هى أن الأجسام تحجب أشعتها الخاصة . فقد وجدوا أن بلورات ملح الطعام تحجب الأشعة الحرارية المنبعثة من ملح الطعام الساخن وإن كنا قد رأينا أنها تسمح لكثير مما عداها بالمرور .

فالحرارة الإشعاعية تختلف فى طول موجاتها اختلافا يزيد كثيراً عن اختلاف الضوء فى طول موجاته ، فهى أنواع كثيرة حسب طول موجاتها ، وكلها أطول موجة من الضوء الأحمر ؛ واختلافها فيما بينها يتوقف على الأخص على عاملين مهمين : نوع المصدر ودرجة حرارة المصدر . فالأشعة الحرارية الصادرة من سلك من النحاس فى درجة حرارة ما غير الصادرة من سلك من البلاتين مثلا عند نفس الدرجة ؛ والأشعة الحرارية الصادرة من سلك من النحاس فى درجة ١٠٠° م غير تلك التى تصدر من نفس السلك عند درجة ٤٠٠° م مثلا . ولما كانت هذه الموجات يحدثها فى الأثير حركة الجزيئات فى المصدر ، فكأن طول الموجة يتوقف أولا على تركيب جزىء المصدر ، وثانياً على حركة ذلك الجزىء من حيث الشدة ؛ وربما أيضاً من حيث الكيفية . ومهما يكن من ذلك فحكم الحرارة الإشعاعية الساقطة على جسم من حيث الامتصاص والانعكاس والاختراق يختلف فى الجملة باختلاف طول موجتها واختلاف نوع الجسم الساقطة عليه .

الفصل الثالث

حرارة الماء

المـاء من الناحية الحرارية يشترك مع غيره من المواد فى أمور ، وينفرد منها ويمتاز عنها فى أمور . فهو مثلاً كغيره من المواد النقية له تحت الضغط الجوى الثابت درجة تجمد أو سيحان ثابتة ، ودرجة غليان ثابتة اتخذناهما أساساً لقياس درجات الحرارة ، وسمينا الأولى صفراً والثانية مائة . وله كغيره فى حالى التجمد والغليان حرارة كامنة تميزه : ينفثها إذا تحول إلى جَمَد ، ويأخذها إذا تحول إلى بخار ؛ وهو كغيره فى أن حرارته الكامنة عند التجمد (أو السيحان)[١] غير حرارته الكامنة عند الغليان أو عند التبخر[٢] على الإطلاق . وهو أيضاً كغيره فى أن له حرارة نوعية خاصة تمثل سعته الحرارية

فالمـاء يشبه غيره من أنواع المـادة فى خضوعه لهذه السنن العامة ، لكنه يتميز منها فى أكثر هذه النواحى نفسها إذا تركنا الكيف ونظرنا فى الكم . فقد رأينا من ناحيـة الحرارة النوعية أنه أكبر المواد كلها حرارة نوعية إلا

---

(١) الحرارة الـكامنة للتجمد وللسيحان مقدارهما واحد إلا أن الأولى يعطيها السائل عند تجمده ، والثانية يأخذها الجامد الناتج عند سيحانه ، ويطلق عليها على العموم الحرارة الـكامنة للسيحان . ولقياسها نسـبوها إلى ما يعطيه أو يأخذه الجرام الواحد من المـادة . وعرفوها فى حالة السـيحان بأنها مقدار الحرارة اللازمة لتحويل جرام من الجامد إلى سـائل من غير تغير فى درجة الحرارة .

(٢) حرارة التبخر الـكامنة هى مقدار الحرارة اللازمة لتحويل جرام من السائل إلى بخاره من غير تغير فى درجة الحرارة . فاذا كانت درجة حرارة السائل هى درجة غليانه سمى مقدار الحرارة اللازمة لتحويل جرام منه إلى بخـار عند نفس الدرجة بحرارة الغليان الـكامنة لذلك السـائل .

الإدروجين . وهو أيضاً من أكبرها ، إن لم يكن أكبرها ، حرارةً كامنة فى التجمد وفى التبخر . فحرارة تجمده الكامنة ٨٠ سُعراً ، وحرارة غليانه الكامنة ٥٣٦ سعراً ؛ وهى أكبر من ذلك قليلاً للتبخر فى الدرجات الأقل من درجة الغليان ، لأن حرارة التبخر على العموم تقل بارتفاع درجة الحرارة التى يكون عندها التبخر .

ولحكمة كبرى جعل الله الماء متميزاً فى هذه النواحى . فعظم حرارته النوعية ليس فقط سبباً فى هبوب نسيم البحر ونسيم البر ، وهبوب الرياح على العموم كما قد رأيت من قبل ، ولكنه يجعل البحار والمحيطات مخازن هائلة لحرارة الشمس تخزنها إذا سطعت عليها بالنهار ، وتجود بها تدريجاً بعد مغيب الشمس بالليل ، فتخفف بذلك عن الإنسان شدة الحر وشدة البرد بالنهار و بالليل .

أما ارتفاع حرارة تبخر الماء الكامنة ، وهى عالية جدا كما ترى ، فلها أكبر الآثار أيضاً فى الموازنة بين درجات الحرارة فى الأرض ، وحفظ معدلها عند الحد الذى ينفع الناس . وتبريد الماء فى أوانيه الفخارية على حسن وقعه هو من أصغر هذه الآثار ، ومثله دفع الحر برشّ الأرض وقت الظهيرة . لكن الأثر البعيد فى تلطيف جو الأرض هو أثر الأمطار ، فإن المقادير الهائلة من الأبخرة المتصاعدة من الأرض ومن البحار تعطى حرارتها الكامنة إذا تكاثفت سحباً أو تكاثفت مطراً : ما أخذته من حرارة الجو عند التبخر تعطيه للجو مرة أخرى عند التكاثف ، وهذا هو سر شعورك بدفء الجو غب المطر . فكأن الرياح التى تسوق السحاب بأمر الله إلى ماشاء الله من مناطق الأرض ليست تحمل إلى الناس الماء فحسب ، ولكنها تحمل مع الماء مقادير هائلة من الحرارة لعل حاجة الناس إليها ليست فى تلك المناطق أقل كثيراً من حاجتهم إلى الماء .

على أن هناك ناحية حرارية أخرى يتميز منها الماء عن غيره تميزاً أشبه

بالشذوذ ، أو قل هو الشذوذ بعينه حين اقتضت حكمة الخالق ومصلحة المخلوق أن يشذ المـاء .

إن السـنة العامة أن الأجسام تمدد بالحرارة وتنقبض وتتقاص بالبرودة . والمـاء يتبع هذه السنة لـكن إلى حد محدود ، وقدر مقدور . فهو ينقبض بالبرودة حتى تبلغ درجة حرارته٤° م ، ثم يبدأ بعد ذلك يتمدد بالبرودة إلى الصفر و إلى ماتحت الصفر ، فاذا ماعكسنا العملية انقبض الثلج بالحرارة حتى يبلغ الماء درجة ٤° م ثم يأخذ فى التمدد كالمعتاد . أى أن الجَمَد ، الذى نسميه بالثلج خطأ ، أكبر حجما من المـاء الذى تجمد منه و يسيح إليه . وقد وجدوا أن الجرام من الجمد حجمه فى درجة الصفر ١,٠٩١٠ سم٣ فاذا ما ساح إلى ماء فى درجة الصفر صار حجمه ١,٠٠٠١٢ سم٣ . فالجمد أخف من المـاء فى درجة الصفر ، والمـاء فى درجة الصفر أخف قليلا جدا من المـاء عند درجة ٤° م حيث كثافة المـاء واحد بالضبط ، وهى أكبر كثافة للماء . لـكن هذا الفرق الضئيل بين الحجمين ، أو إذا شئت بين الـكثافتين ، له أبعد الأثر فى حياة الإنسان وحياة الحيوان ، وهذا الأثر ليس بأقل من بقاء البحر بحراً ينتفع به الانسان والحيوان على سطح الأرض و إلا لصارت البحار والمحيطات فى المناطق الباردة على الأقل أرضاً من الجَمَد لا يكفى فى تسييحها حرارات الفصول .

حياة الحيوان البحرى : فى المناطق الباردة فى الشمال وفى الجنوب تبرد المياه من أعلى فى البحار وفى الأنهار لأن الجو المتصل بسطوح تلك المياه يكون بارداً جدا ، فاذا برد المـاء السطحى انقبض وازدادت كثافته فغاص وحل محله المـاء الأخف الذى لم يبرد فيبرد بدوره فيغوص ، وهلم جرا حتى تصير درجة المـاء كله فى البحر أو النهر أربعاً مئوية . فاذا ما استمر التبريد ببرودة الجو فى الشتاء ، و برد

سطح المـاء تحت ٤° م ، تمدد المـاء الذى على السطح بدلا من أن ينكمش فخف فظل طافياً . فاذا ما بلغت برودته درجة الصفر ، وكثيراً ما تنخفض عنه ، تجمد المـاء السطحى ممـا يلى الشط وامتد التجمد فى المـاء شيئاً فشيئاً فصار البحر أو النهر مما يلى الأرض عندئذ طبقتين : طبقة سفلية عميقة سائلة درجة حرارتها بين الصفر من فوق والأربعة من تحت ، وطبقة علوية متجمدة . فأما الطبقـة السفلية فتعيش فيها الحيوانات البحرية من أسماك وغيرها طول فصل الشتاء . وأما الطبقة المتجمدة فتكون فى العادة أشـبه بقشرة غير سميكة إذا قيست إلى عمق الطبقة السائلة ، فإذا ولى الشـتاء وجاء الربيع وارتفعت درجة حرارة الجو بدأت تلك الطبقة المتجمدة الرقيقة نسبيا تسـيح شيئاً فشيئاً ، ولا تلبث طويلا حتى تسيح كلها ويرجع النهر أو البحر سائلا كله . ولو اطرد انقباض المـاء بالبرودة وتمدده بالحرارة كغيره من الأجسام لتحول البحر كله جمداً فى شـتاء تلك المناطق الباردة ، ولمـاتت الحيوانات البحرية بتجميده . ثم إذا طلع الربيع وتبع الربيع الصيف لمـا ساح من البحر إلا أعلاه لرداءة توصيل المـاء الحرارة ، ثم يجىء الشـــتاء فيجمد ما قد ساح . وهذا إذا تم ليس معناه وقوف انتفاع الإنسان بحيوان البحر فحسب ، ولا وقوف الفلك عن الجرى بالتجارات بين مختلف الأقطار فحسب ، ولـكن تحول جو الأرض كلها فى النهاية إلى جو المناطق المتجمدة . وتصورْ عندئذ ماذا كانت تؤول إليه الحياة .

فانظر إلى آثار رحمـة الله كيف جعل المـاء يتبع سنة التمدد العامة ما دام لخلقه فى ذلك مصلحة ، حتى إذا كادت المصلحة تنقلب باتّباع تلك السـنة إلى فجيعة هائلة جعل المـاء يشذ عن تلك السنة بقدر ما يديم المصلحة ويدرأ الفجيعة . وهذا من أكبر الأدلة لمن يريد دليلا على أن هـذا الـكون ليس ابن المصادفة العمياء ولـكن خلق إله قادر حكيم .

بخار المـاء فى الهواء

الهواء يحتوى على مقادير عظيمة من بخار المـاء المتصاعد من البحار والأنهار والأجسام المبتلة على اليابسة . ووجود هـذا البخار فى الهواء يتبين ممـا يتكاثف على ظاهر الأوانى الزجاجية مثلاً إذا وضع فيهـا شراب مبرّد ، فإننا إذا تركنا كأساً فيه ماء مثلج مدة فى الهواء ولمسنا ظاهر الكأس وجدناه مبتلاً وكان من قبل جافًا . هذا البلل ليس طبعاً من المـاء الذى فى الكأس لأن الزجاج لاينضح المـاء ، وإنما هو من الهواء .

لكن الهواء لا يستطيع أن يحمل مقادير لا نهاية لها من البخار ، فإن قوة حمله البخار محدودة تختلف باختلاف درجـة حرارة الهواء . فالهواء الذى درجة حرارته أعلى يستطيع أن يحمل بخاراً أكثر من الهواء الذى درجة حرارته أقل ، أى أن السعة البخارية للهواء عند درجة ١٥° م مثلاً أكبر من سعة الهواء البخارية عند درجة ١٠° م . وهـذا راجع إلى ما وجدوه من أن المـاء له عند كل درجة حرارة ضغط بخار أعلى قد لا يبلغه ولكن لا يستطيع أن يتجاوزه ، وأن هـذا الضغط يزيد بازدياد درجة حرارة البخار ، وأن إلى ضغط البخار هذا ترجع خاصة التبخر فى المـاء ، بحيث لو لم يكن للبخار ضغط ما تبخر المـاء ، كما أن عدم تبخر الزيت مثلاً راجع إلى صغر ضغط بخار الزيت صغراً يكاد يكون والانعدام سواء . فإذا عرضت ماء فى إناء للجو وكان الهواء ساكناً كانت سرعة تبخر المـاء متوقفة على ضغط بخار المـاء فى الهواء فى درجة حرارته إذ ذاك . فإذا كان ضغط بخار الماء عند سطحه أكبر من ضغط بخار الهواء تبخر الماء بسرعة تناسب الفرق بين الضغطين ، وهـذا هو الحال على سطح الأرض فى أكثر الظروف . وإذا كان ضغط البخار فى الهواء أكبر من ضغط بخار المـاء عند سطحه ، كما قد

يحدث أحياناً ، تكاثف البخار من الهواء على سطح المـاء . أما إذا تساوى الضغطان فإن التبخر والتكاثف يتعادلان و يبقى مقدار الماء فى الإناء من غير تغيير ؛ و يقال للهواء فى هذه الحالة إنه **مشبع** بالبخار ، كما يقال فى الحالة الأولى إنه **غير مشبع** . أما فى الحالة الثانية التى يتكاثف فيها بعض بخار الهواء فيقال للهواء فيها إنه **فوق المشبع** .

ففى حالة التشبع يكون ضغط البخار فى الهواء مساوياً أعلى ضغط يمكن أن يبلغه بخار المـاء عند درجة حرارة الهواء ، أى مساويا بالاختصار الضغط البخارى الماء عند تلك الدرجة . فإذا نقص ضغط البخار فى الهواء عن هذا الضغط البخارى الماء فالهواء غير مشبع ، و إذا زاد عنه فالهواء فوق المشبع بالبخار .

و إذا أردت أن تنظر إلى المسألة من ناحية أخرى ، ناحية ما سميناه السعة البخارية للهواء ، كان الهواء مشبعاً إذا حمل أكبر ما يمكن أن يحمل من البخار عند درجة حرارته التى يكون فيها ، فإذا ارتفعت درجة حرارته بعد ذلك ازدادت سعته البخارية وصار غير مشبع ؛ أما إذا برد الهواء المشبع بالبخار فإن ما كان فيه من البخار يزيد عن احتماله و يصير فوق المشبع ، و إذا وجد سطحاً يلامسه ألقى عليه فضل ما كان يحمل من البخار .

بعض مقادير بخار المـاء فى الهواء عند التشبع

درجة الحرارة :	— ١٠°	صفر°	١٠°	٢٠°	٣٠°م
مقدار البخار بالجرام فى المتر المكعب :	٢,٤	٤,٩	٩,٣	١٧,٢	٣٠ جم

ومن هذا الجدول تتبين أولاً المقادير الهائلة من الماء فى الهواء ، وتتبين ثانيا كيف أن كمية بخار المـاء فى الهواء المشبع عند درجة حرارةٍ ما لا تكفى لإشباعه فوق هذه الدرجة ، وتزيد عن إشباعه دونها ، ولو بقليل . لذلك كان المهم

معرفته ليس هو القيمة المطلقة للبخار فى الهواء ، أو **الرطوبة المطلقة** كما يسمونها ، ولكن هو **الرطوبة النسبية : أى النسبة المئوية لمقدار البخار الموجود بالفعل فى الهواء فى درجة الحرارة الجوية إلى المقدار اللازم لإشباع الهواء فى نفس درجة الحرارة .**

أما درجة الحرارة التى يصير الهواء عندها مشبعاً بما فيه بالفعل من البخار فتسمى **درجة الندى** أو **نقطة الندى** ، لأن أى زيادة على ذلك المقدار عند تلك الدرجة تتكاثف على الأرض ندى .

الندى : هو تلك القطرات المائية التى نراها فى الليل ، أو على الأخص فى الصباح ، تعلو سطح الأرض وما عليه من الأجسام . ومصدره المهم هو بخار الهواء ، فإن هواء النهار غير المشبع إذا برد بالليل أو قُرْب الصباح صار فوق المشبع وعندئذ يُلقى فضلَ بخاره على الأرض ندى كما رأيت .

لكن الندى قد يكون له مصدر آخر هو البخار الخارج من بطن الأرض أو باطن ورق النبات ، فإن الماء داخل الأرض والورق له ضغط يتبخر به ، فإذا ما بلغ سطح الأرض أو الورقِ ووجد الهواء **مشبعاً** لم يستطع أن يرجع ولم يستطع أن يصعد فيتكاثف قطرات نظنها آتية من الهواء وليست آتية منه ، إذ الهواء المشبع لا يتكاثف منه البخار .

الجليد : وقد تنخفض درجة الحرارة إلى ما تحت الصفر قليلا أثناء الليل بعد سقوط الندى فيتجمد وعندئذ يسمى **جليداً** .

الصقيع : أما إذا انخفضت درجة الحرارة السطحية إلى درجة كافية لتجمد البخار الآتى من باطن الأرض أو باطن النبات بمجرد بلوغه السطح ، فإن هذا البخار يمر من البخارية إلى الجمودة مرة واحدة من غير أن يتكاثف ندى ، فيتجمد بلورات دقيقة من الثلج ويسمى **صقيعاً** .

وقد يخلط بين هذين الاسمين فى الاستعمال ، لـكن الأحسن قصرهما على ما استعملا فيه هنا .

الضباب : إن الهواء فوق المشبع لا بد له من جسم يلقى فضل بخاره عليه ، أو بالأحرى لا بد للبخار فوق المشبع من شىء يتكاثف عليه و إلا تأخر تكاثفه جدا حتى يبلغ من زيادة التشبع درجة عظيمة . أما إذا تيسر للبخار فى الهواء فوق المشبع ما يكون له بمثابة نواة يتكاثف حولها فإنه يتكاثف مهما قلت زيادة تشبعه . وقد رأيت أنه يسمى ندى إذا تكاثف على النتوء فى الأجسام على سطح الأرض . أما إذا تكاثف على الهباء والغبار المعلق فى الهواء قرب سطح الأرض فإنه يسمى **بالضباب** .

ومن الممكن الآن عد دقائق الغبار فى السنتيمتر المكعب من الهواء وذلك بواسطة « عداد الغبار » الذى اخترعه ايتكِن سنة ١٨٩٩ . وهو فى صميمه صندوق صغير عمقه سنتيمتر واحد وأرضه قطعة من الزجاج مقسمة إلى ملليمترات مربعة يمكن فحصها بعدسة من أعلى الصندوق . هذا الصندوق يمكن ملؤه بمقدار من الهواء المراد امتحانه ممزوج بنسبة معينة من هواء مصفًّى من الغبار ، كما يمكن أيضاً توصيله بقبابة صغيرة مفرغة حسبما نريد . فإذا ملىء من المخلوط الهوائى ترك الهواء فيه حتى يتشبع بالبخار من ماء فى بعض جوانب الصندوق ، ثم يوصل بالقبابة فيتمدد ، فيبرد ، فيصبح فوق المشبع ، فيتكاثف فضل بخاره على دقائق الغبار ، فتثقل ، فتسقط على أرض الصندوق ، فيمكن عد متوسطها فى المليمتر المربع . فإذا كان متوسط عدد القطرات فى المليمتر المربع مثلا ستا كان هناك ٦٠٠ فى السنتيمتر المربع . و إذا كان الهواء فى الأصل مخففاً عشر مرات بالهواء المصفى من الغبار كان هناك فى الهواء الأصلى ٦٠٠٠ غبارة فى السنتيمتر المكعب الواحد . وهاك بعض النتائج التى وصل إليها ايتكِن :

مصدر الهواء	دقائق الغبار فى السنتيمتر المكعب
هواء الشارع قبل المطر	١٣٠,٠٠٠
هواء الشارع بعد المطر	٣٢,٠٠٠
هواء على ٤ أقدام من أرض غرفة يحترق فيها مصباح من الغاز	١,٨٦٠ ٠٠٠
فى نفس الغرفة قرب السقف	٥,٤٢٠ ٠٠٠
فى لندن وباريس	مئات الآلاف

وقد اختبر غير ايتكن نماذج من هواء بقاع مختلفة أثناء سياحة حول الأرض فوجد أن دقائق الغبار يختلف عددها من ٢٠٠ فى السنتيمتر المكعب فى المحيط الهندى إلى ٤٠٠٠ فى المحيط الأطلسى . وقد يكون بعض هـذه النوَيات غير غبارية ، كأن تكون كهربية المصدر ؛ لكن مهما كان مصدرها فالأرقام السالفة تفسر العلة فى اختلاف الأماكن فى كثافة الضباب .

الهواء المصفى : وقد امتحن س . ت . ر . ولسن الهواء المصفى من الغبار لينظر إلى أى حد يمكن زيادة تشبيعه بالتمدد من غير أن يتكاثف من بخاره شىء فوجد أنه إذا كانت درجة حرارته حوالى ٢٠° م فإن من الممكن تمديده فجأة مرة وربعاً (أى تصبح النسبة بين حجميه قبل وبعد كنسبة ١ : ١¼) من غير أن يحدث تكاثف قط . أما إذا زاد التمدد عن ذلك فإن تكاثفاً قليلاً لا يزيد عن بضع مئات فى السنتيمتر المكعب يقع فى الهواء إلى أن تصير النسبة بين الحجمين ١ : ١⅜ ؛ فإذا تجاوزنا هذا الحد حدث تكاثف كبير يزداد بازدياد نسبة التمديد .

ومعنى هذا أن الهواء المصفى يمكن تبريده من حوالى ٢٠° م إلى نحو — ٦° م

من غير تكاثف ، مع أن البخار الموجود فى الهواء عندئذ هو أربعة أمثال ما يشبعه عند درجة — ٦° م . أما الحد الآخر للتمديد (١ : ١$\frac{٣}{٨}$) فيقابله درجة حرارة تساوى نحو — ١٦° م ، و يصبح بخار الماء فى الهواء نحو ثمانية أمثال ما يشبع الهواء عند هذه الدرجة . وهم يستنتجون من حدوث التكاثف بعد التمديد أن عدداً من النوَيات ينشأ فى الهواء إذا بلغ التمديد تلك الحدود و إن اختلفوا فى كيفية نشوء هذه النويات . ومهما يكن من تفسير التكاثف الحادث فإن هذه التجارب كافية لتبيين الأهمية العظمى للغبار أو ما عـــداه من النويات فى تكوين الضباب والسحاب .

السحاب والمطر والبرد والثلج : أما إذا صار الهواء فى الطبقات الجوية العلوية بارداً برودة كافية وأصبح فوق المشبع فإن فضل بخاره يتكاثف حتى يبدو للعين **سحابا** . هذا السحاب إذا اجتمعت قطيراته بأسباب شتى من رياح أو نحوها صارت قطراتٍ مائية أثقل من أن يحملها الهواء فتنزل عندئذ **مطراً** . وقد تنخفض درجة حرارة الجو الأعلى تحت الصفر وتحمل اليه قطرات المطر بطريقة ما فتتجمد فتنزل على الأرض متجمدة وتسمى عندئذ **بَرَداً** . أما إذا تجمدت القطيرات السحابية الدقيقة قبـل أن تجتمع قطراتٍ مطَرية فإن القطيرات السحابية المتجمدة تتجمع بعضها على بعض بعوامل شتى منها الرياح فتثقل فتسقط على الأرض **ثلجاً** . أى أن الثلج هو بخار تجمد ثم تجمع فى الطبقات العلوية . أما هذا الذى يباع فى الأسواق من الماء المتجمد كتلاً نسميها ألواحاً فاسمه اللغوى والعلمى جَمَدٌ كما سبق التنبيه إليه .

فالسحاب فى الطبقات العلوية يقابل الضباب فى الطبقات الســفلية على الأرض ، والمطر يقابل الندى . أما الثلج فيقابل ماسميناه بالصقيع ، وأما البرَد فيقابل ما سميناه بالجليد . هذا هو الإجمال لكن موضوع السحاب والمطر هو من الأهمية بحيث يحسن أن نفرده بفصل خاص .

الفصل الرابع

السحاب والمطر والبرَد

السحاب : السحاب إذن هو بخار ماء تكاثف فى طبقات الجو العلوية كما يتكاثف الضباب فى الطبقات القريبة من الأرض . ولا بد لتكوّن السحاب من شرطين أساسيين يجب توفرهما فى الهواء العلوى :

الأول : أن يكون الهواء فوق المشبع بالبخار .

الثانى : أن يكون الهواء محتويا عدداً كبيراً من النوَيات .

زيادة التشبع : وكل هواء كما رأيت يكفى فى زيادة تشبعه أن يبرد تبريداً كافياً . لكن من الواضح أنه كلما كانت نسبة الرطوبة فى الهواء أكثر كان مدى التبريد المطلوب لزيادة التشبع أصغر . فهناك إذن عاملان يسهلان توفر هذا الشرط الأساسى فى تكوّن السحاب : تبريد الهواء ، وارتفاع نسبة الرطوبة فيه .

فأما ارتفاع نسبة الرطوبة فسهل تحققه فى الهواء فوق السطوح المائية الواسعة ، فى جميع الفصول فى المناطق الحارة ، وفى غير المناطق الحارة أثناء النهار فى غير الشتاء . هذا الهواء يكون متحملا بمقادير عظيمة من البخار ، فإذا هب على البر سخن وصعد وحل غيره من البحر محله وهلم جرا . أما بالليل فينعكس الأمر ويهب الهواء من البر إلى البحر فترتفع درجة حرارته نسبيا لارتفاع درجة حرارة الماء بالنسبة للبر ، ويحمل من بخار البحر ويصعد . فحركة الهواء فى المناطق البحرية

من شأنها دائماً بالنهار أو الليل أن تزيد فى نسبة البخار فى الهواء خصوصاً فى المناطق الحارة والمعتدلة .

وأما تبريد الهواء فى المناطق العلوية من الجو فيكفله : **أولا** برودة الجو فى تلك المناطق ، فإن مناطق الجو العليا منخفضة درجة الحرارة لقلة ما يعكس الضوء والحرارة فيها ، إذ الذى يرفع درجة الحرارة على سطح الأرض هو كثرة السطوح العاكسة المُشِعّة ، وكلما ارتفع الإنسان فى الجو قلت هذه السطوح ولذلك كانت البرودة فى الجبال أشد منها كثيراً فى السهول حتى إن من الجبال الشاهقة ما هو متوّج بالجمد دائما طول الفصول . صحيح أن أشعة الشمس الواصلة إلى الأرض هى بنفسها قد اخترقت تلك المناطق لكنها تكاد تمر بها غير منقوصة ما لم تعترضها كتل من السحاب أو ينعقد فى طريقها قتام .

ثانيا : قلة الضغط فى المناطق الجوية العليا ؛ فإن الضغط الجوى يتناقص بالتدريج كلما زاد الارتفاع ، أى كلما تناقص مقدار الهواء فوق النقطة المقيس فيها الضغط ، إذ الضغط الجوى ما هو إلا زنة عمود الهواء المرتفع من نقطة القياس . وارتفاع الغلاف الهوائى حول سطح الأرض محدود . صحيح أنه قد يبلغ فى أقاصيه أكثر من ١٢٠ ميلا ، لكن الضغط الجوى عند ذلك لا يكاد يتجاوز كسراً ضئيلا من المليمتر من الزئبق لأنه يبلغ بضعة ملليمترات على ارتفاع ٢٠ ميلا ، مع أنه على سطح الأرض حوالى ٧٦٠ ملليمتراً من الزئبق . فكأن ارتفاع الغلاف الجوى فى الواقع لا يتجاوز هذه الأميال العشرين . ولو كانت الطبقة الجوية متساوية الكثافة لكان ارتفاعها نحو خمسة أميال ، لكنها غير متساوية الكثافة لميل الهواء بطبيعته إلى الانتشار كلما وجد منتشَراً فى الفراغ .

ولتناقص الضغط كلما زاد الارتفاع أثر بعيد فى تبريد الهواء **الصاعد** لأنه يتمدد أثناء صعوده ، ويزداد تمدده كلما صغر الضغط بالعلو فى المناطق التى يصير إليها .

فالهواء إذا صعد يبرد مرتين : مرة باختلاطه بالهواء العلوى البارد ، ومرة بتمدده فى المناطق العلوية المخلخلة .

وقد تسخن كتل عظيمة من الهواء مرة واحدة فتصعد معاً حتى إذا بلغت الطبقات العلوية بردت بالتمدد وكوّنت كتلاً سحابية عظيمة قاعدتها أفقية حيث مبدأ زيادة التشبع ، وحدودها الأخرى كالقباب المتلاصقة المتدرجة فى العلو وهى الحدود التى وصلت إليها تلك الكتل فى تمددها . هـذا هو السحاب الركام ، ويكثر فى العواصف الرعدية ويكون عندئذ عظيم العمق عظيم الارتفاع .

على أنه يجب أن نتذكر أن الحرارة ليست بالعامل الوحيد الذى يسبب صعود الهواء ؛ فإن شرط الصعود هو الخفة ، والخفة كما تحدث بالتمدد الحرارى تحدث أيضاً بارتفاع نسبة البخار فى الهواء ، لأن البخار أخف من الهواء إذ كثافته نحو ٦, من كثافته .

ثالثاً : الاختلاط بالرياح الباردة الآتية من المناطق القطبية . فإن الريح الدافئة المتحملة بالبخار إذا التقت بريح باردة انخفضت درجة حرارة الأولى وارتفعت درجة حرارة الثانية ، لكن مقادير البخار فى الأولى كثيرا ما تكون فوق مقدرة الريحين أن تحملاها فى درجة الحرارة الناتجة . أى كثيراً ما ينتج من اختلاط ريحين ، دافئة وباردة ، ريح واحدة فوق المشبعة وقد كان الريحان من قبل غير مشبعتين .

وقد تمر الباردة من تحت الساخنة فى الطبقات العلوية فيتكوّن السحاب بينهما عند مُحْتَكِّهما ، ويكون السحاب عندئذ متموّجا لتموّج الهواء عند ملتقى الريحين .

وللرياح دخل عظيم فى تكون السحاب وتوزيعه ، لكن سر الرياح وتقلباتها لم يدرك العلم غوره إلى الآن .

رابعاً : الجبال ؛ وهذه تفعل فعلها بطريقين : طريق تبريد الرياح الأفقية التى تصطدم بأعاليها ، لأن أعالى الجبال الشامخة شديدة البرودة فتبرّد الريح إلى ما فوق التشبع وعندئذ يتكاثف السحاب المتكون ماء يسيل على جوانب الجبال . هذا طريق . والطريق الثانى طريق تحويل مجرى الريح إلى أعلى إذا اصطدمت الرياح الأفقية بالجبال دون أعاليها . فالرياح الساخنة أو المعتدلة الحرارة إذا اعترضتها الجبال غيّرت مجراها ، وأرغمتها على الصعود إلى المناطق العلوية حيث يتكاثف بخارها سحاباً و يتكاثف سحابها مطراً على أعالى تلك الجبال .

نويات التكاثف : لكن التبريد إلى ما فوق التشبع لا يكفى وحده فى تكوين السحاب إلا إذا بلغ مبلغاً عظيماً كما دلّت عليه تجارب س . ت . ر . ولسن التى سبقت الإشارة إليها ، بخلاف ما إذا كان فى الهواء ما يتكاثف البخار حوله فإن البخار عندئذ يتكاثف بمجرد انخفاض درجة حرارته ولو قليلا عن درجة التشبع أو درجة الندى كما يسمونها .

وجسيمات الغبار الخفية والمرئية ليست هى كل ما يتكاثف عليه بخار الماء فى الهواء ، ولو كانت هى كل ما يمكن أن يصلح نوًى لقطيرات الماء فى الهواء فوق المتشبع لعزّ تكوّن السحاب ، ولاقتصر على المناطق التى يكثر فى جوها العلوى هذا الغبار . لكن الذى قدّر الأشياء وعلم حاجة الزرع والحيوان إلى الماء جعل مما يتكاثف عليه البخار فى أعالى الجو أشياء أخرى غير الهباء هى الذرات والجزيئات الغازية المكهربة المعروفة **بالأيونات** .

تأيّن الهواء : لقد عرفت قبل أن بعض العناصر الثقيلة الذرة كالراديوم تقذف ذراتها بالكهيرات ، لكن وحدات الكهربائية السالبة هذه التى يسمونها بالكهيرات أو الكهارب أو الإلكترونات ، ليست جزءاً من ذرات العناصر

الشعاعة وحدها ، ولكنها جزء من ذرات العناصر كلها : تحتوى ذرة كل عنصر على عدد من الكهيرات يختلف عما تحتويه ذرة كل عنصر آخر . لكن ذرات العناصر الشعاعة تقذف ببعض كهيراتها ، أما غيرها فلا تقذف من كهيراتها شيئاً ؛ لكن قد تنتزع منها كهيرة من كهيراتها انتزاعا بعوامل شتى ، وعندئذ تصبح الذرة التى فقدت كهيرتها موجبة التكهرب كما تصبح أى ذرة أو جزىء أو هباءة تلتصق به الكهيرة سالبة التكهرب . وكل ذرة أو جزىء أو هباءة مكهربة تسمى **بالأيون** .

وعوامل **تأين** الهواء ، أى تكوين الأيونات فيه ، متعددة : منها **النيران** فإن النار فيها غازات محملة بالنوعين الموجب والسالب ، بدليل أن الأجسام المكهربة كلها من موجبة وسالبة تفقد كهربائيتها إذا أُمِرّت فى النار . ومنها **الضوء** ، فإن أشعة الشمس إذا اخترقت الهواء أيّنته فيتكون فى مسار كل شعاع عدد كبير أو صغير من الأيونات . ومنها **الأشعة** النفاذة **الجمية** التى تخرج من العناصر الشعاعة الموجودة فى القشرة الأرضية ، أو الأشعة النفاذة الكهربائية المصدر المعروفة **بأشعة رونتجن** .

وقد أثبتوا تأيُّن الهواء بهذه الأشعة بطرق شتى : منها إمرار الشعاع ، كما فعل ولسن ، فى قَدْر من الهواء الزائد التشبع المصفى من الغبار ، فكان مسار الشعاع يُرى ظاهراً لتكاثف البخار فى ذلك المسار على ما تكوّن فيه من الأيونات أثناء مرور الشعاع .

ومنها **احتكاك الماء** فى البحار بتلاطم الأمواج بعضها ببعض وبالساحل أو الصخور . فقد عرفت أن الكهرباء تتولد بالاحتكاك ، والبخار الذى يتصاعد من المياه المتلاطمة يحمل هذه الكهرباء بعضها أو كلها إلى الطبقات

العليا الجوية . وكل جزىء من جزيئات هذا البخار المكهرب كغيره من الأيونات يصلح أن يكون نواة يتكاثف عليها البخار .

وبحث الهواء الجوى من الناحية الأيونية موضوع صعب واسع ، لكنهم رغم صعوبته قد وصلوا إلى نتائج مهمة : منها اقتدارهم على عد الأيونات فى الهواء كما احتالوا على عد هباءات الغبار . فقد وجدوا أن الأيونات فى الهواء يمكن تقسيمها فى الجملة إلى **صغيرة سريعة** وهى الغازية ، **وكبيرة بطيئة** وهى البخارية أو الغبارية ، فإن دقائق الغبار إذا اصطادت أيوناً غازيا وألصقته بنفسها ألحقت بالأيونات . هذه الأيونات من سريعة وبطيئة قد عدوها فوجدوا عدد الصغير منها من كل نوع (أى من الموجب أو السالب) يتراوح فى البر من ٣٠٠ إلى ١٠٠٠ فى السنتيمتر المكعب من الهواء ، وفى البحر من ٥٠٠ إلى ٧٠٠ فى السنتيمتر المكعب ؛ فى حين أن عدد الكبير منها من **كل نوع** يتراوح فى البر من ١٠٠٠ إلى ٨٠٠٠٠ فى السنتيمتر المكعب ، وفى البحر يبلغ عدده حوالى ٢٠٠ فى السنتيمتر المكعب من الهواء . هذا ما وجدوه قريباً من سطح الأرض فى البر وفى البحر ؛ أما فى الطبقات العليا الجوية فالمظنون أنه أكبر من هذا بكثير .

فأنت ترى أن جميع ما يساعد على تكوين السحاب موجود فى الطبقات العليا الجوية ، سواء أكان من ناحية البرودة أم من ناحية النويات اللازمة لتكاثف البخار إذا تجاوز الهواء درجة التشبع ولو قليلاً بالتبريد .

المطر : لكن تكوّن السحاب لا ينفع الناس شيئاً إذا لم يكن فى الإمكان أن ينزل ماؤه عليهم مطراً . وماء السحاب لا يمكن أن ينزل على الناس مطراً إلا إذا نمت قطيراته وأصبحت أثقل من أن يحملها أو يعوق نزولها الهواء .

إن القُطيرات السحابية خاضعة طبعاً للجاذبية فهى تبدأ تسقط إلى الأرض بمجرد تكونها، لكن الهواء ولو كان ساكناً يقاوم مرورها فيه مقاومة تزداد بازدياد سرعة السقوط حتى تصير المقاومة معادلة لفعل الجاذبية، أى لوزن القُطيرة، وعندئذ تستمر القطيرة فى السقوط بسرعة مطردة هى التى تكون عليها القطيرة فى اللحظة التى تتعادل فيها المقاومة والوزن، كما ينتج من قانون الحركة لنيوتن الذى عرفته قبل. وقد حسبوا أن هذه السرعة المطردة التى تنتهى إليها القطيرة تكون فى المتوسط أقل بكثير من ٨, من البوصة فى الثانية. فإذا فرضنا أنها ٦, من البوصة فى الثانية، وأن علو السحاب خمسة أميال — وعلوه قلما يزيد عن ستة أميال — فإن من الممكن بعملية حسابية بسيطة إثبات أن هذه القطيرة لا تصل إلى الأرض إلا بعد ستة أيام بلياليها. هذا إذا ظلت القطيرة السحابية موجودة أثناء ذلك، لكن أنى لها البقاء بعد أن تدخل فى سقوطها مناطقَ الهواء غير المشبع الدافئ؟ إن السحاب عندئذ لا بد متبخر كما يتبخر الضباب إذا طلعت عليه الشمس، فلا يصل إلى الأرض منه شىء.

فأنت ترى أن الناس لو تركوا إلى الجاذبية وحدها ما سُقوا من السحاب قطرة ماء. إن الجاذبية إنما تنفع نفعها إذا تحولت القطيرات السحابية إلى قطرات مطَرية. وهذا التحول قد يسر الله أسبابه فى الرياح والجبال والكهربائية الجوية وإن كان العلم لم يحط بتفاصيل ذلك إلى الآن.

الرياح والجبال: والرياح كما لها أبعد الأثر فى تكوين السحاب لها أبعد الأثر فى تكثيفه مطراً بفعل الجبال أو بفعل الكهربائية الجوية.

فأما الجبال فإنها مكثفات هائلة نصبها الله لتكثيف السحاب من الجو إذا حملته إليها الرياح. لقد عرفت أثر الجبال فى تكوين السحاب نفسه، لكن السحاب إذا لامس أعالى الجبال الباردة، سواء أكان متكوناً عليها أو محمولاً إليها،

تكاثف على سطحها ماء بالتجمع وبالتبريد . ومن هنا كانت الأنهار منابعها كلها من الجبال . و إلى هذا كله تشير الآية الكريمة التى منّ الله فيها بالجبال من هذه الناحية على الإنسان إذ يقول سبحانه : (ألم نجعل الأرض كفاتاً أحياء وأمواتاً ؟ وجعلنا فيها رواسى شامخات وأسقيناكم ماء فراتاً) . وأظنك الآن تدرك بعض سر ترتيب سقيا الناس الماء على شموخ الجبال ، و إذا تذكرت أن هذا الماء كله مصدره البحار المالحة أدركت سر وصف الماء هنا بالفرات .

<u>الرياح والكهربائية الجوية</u> : إن الكهربائية التى تتولد فى الهواء والتى ذكرنا لك بعض مصادرها يكتسبها السحاب عند تكونه على الأيونات التى تحملها تلك الكهربائية فى الطبقات العليا الجوية . ولا يُدرى الآن كيف يفصل الله الأيونات السالبة من الأيونات الموجبة قبل تكاثف البخار عليها إن كان هناك فصل لها ، أم كيف يكون السحاب عظيم التكهرب إما بنوع من الكهرباء و إما بالنوع الآخر إذا حدث التكاثف على الأيونات وهى مختلطة . ومهما يكن من سر ذلك فإن السحاب مكهرب من غير شك كما أثبت ذلك فرنكان لأول مرة فى عام ١٧٥٢ ، وكما أثبت غيره عظم تكهربه بشتى الطرق بعده . وأنت تعرف أن نوعى الكهربائية يتجاذبان ، وأن الموجب والموجب أو السالب والسالب يتدافعان أو يتنافران كما تشاء أن تقول . هذا التدافع أو التنافر من شأنه تفريق السحاب ذى النوع الواحد . لكن الله سبحانه قد يجمعه برغمه بواسطة الرياح ، وعندئذ تكبر السحابة وقد كانت قبل سحابتين أو أكثر ، وتكبر شحنتها الكهربائية . ثم إذا شاء الله ساق السحاب بالريح حتى يقترب السحاب الموجب من السحاب السالب قرباً كافياً ، فى اتجاه أفقى أو فى اتجاه رأسى أو فيما شاء الله من الاتجاهات ، فإذا اقتربا تجاذبا ، ومن شأن اقترابهما هذا أن يزيد فى كهربائية مجموع السحاب بالتأثير ؛ ولا يزالان يتجاذبان و يتقاربان حتى لا يكون محيص

من اختلاطهما واتحاد كهربائيتهما بهدوء أو من اتحاد كهربائيتهما من بُعد ، وعندئذ تحدث شبه شرارة عظمى كهربائية هى البرق الذى كثيراً ما يرى فى البلاد الكثيرة الأمطار .

والمطر نتيجة لازمة لحدوث ذلك الاتحاد الكهربائى سواء حدث فى هدوء أو بالإبراق ، فإذا حدث بهدوء حدث بين القطيرات المختلفة فى السحابتين ، فتجذب كل منها قرينتها أو قريناتها حتى تتحد وتكوّن قطرة فيها ثقل ، فتنزل وتكبر أثناء نزولها بما تكتسب من كهربائية وما تجتذب من قطيرات أثناء اختراقها السحاب المكهرب الذى يكون بعضه فوق بعض فى السحاب الركام . أما إذا حدث الاتحاد الكهربائى فى شدة البرق وعنفه فإنه يحدث لا بين القطيرات ولكن بين الكتل من السحاب . ويُسهل حدوثه تخلخلُ الهواء أى قلة ضغطه فى تلك الطبقات .

والبرق يمثل قوة كهربائية هائلة تستطيع أن تكون فكرة عنها إذا عرفت أن شرارته قد تبلغ ثلاثة أميال فى طولها أو تزيد ، وأن أكبر شرارة كهربائية أحدثها الإنسان لا تزيد عن بضعة أمتار .

فالحرارة الناشئة عن البرق لا شك هائلة ؛ فهى تمدد الهواء بشدة وتحدث مناطق جوية عظيمة مخلخلة ، الضغطُ داخلها يعادل الضغط خارجها ما دام الهواء داخل المنطقة ساخناً ؛ حتى إذا تشعمت حرارته وبردت تلك المناطق برودة كافية ، وما أسرع ما تبرد ، خف منها الضغط وصار أقل كثيراً من ضغط الطبقات الهوائية السحابية المحيطة بها فهجمت عليها فجأة بحكم الفرق العظيم بين الضغطين وتمددت فيها وحدث لذلك صوت شديد هو صوت الرعد وهزيمه . هذا الصوت قد يكون له صدى بين كتل السحاب يتردد فنسميه قعقعة الرعد . أما صوت الشرارة الكهربائية البرقية فهو بدء الرعد ، ويكون ضعيفاً بالنسبة لهزيمه وقعقعته . لذلك تسمع الرعد ضعيفاً فى الأول ثم يزداد كأنما أوله إيذان

بتضخمه ، كما قد تؤذن الطلقة الفردة بانطلاق بطاريات برمتها من المدافع الضخمة فى الحروب . فالرعد يحدث لا عند اتحاد الكهر بائيتين حين يحدث البرق فقط ، ولكن يحدث أكثره بعد ذلك عند تمدد الكتل الهوائية العظيمة الهاجمة فى المنطقة المفرغة . وهى إذا تمددت بردت برودة شديدة فيتكاثف ما فيها من البخار ومن كتل السحاب فينزل على الأرض إما مطراً و إما بَرَداً حسب مقدار البرودة الحادثة فى تلك المناطق . وهذا هو السبب فى أن الرعد والبرق يعقبهما فى الغالب مطرات شديدة سواء أكانت المطرة مائية أم بَرَدية . وقطرات الماء أو حبات البرَد تنمو بعد ذلك باختراقها كتل السحاب المتراكم تحت المنطقة التى حدث فيها التفريغ .

البرد : والبرَد شأنه عجيب . لا يُدرى بالضبط كيف يتكون ولا كيف ينمو حبه حتى يبلغ أحياناً قدر بيض الحمام . وقد امتحنوا حبته فوجدوها فى الغالب تتكوّن من غلافات متراوحة من الثلج ومن الجمد تنتهى إلى قلب من الثلج .

والثلج كما قد عرفت هو بخار قد تجمد فجأة . فكأن البرودة العظيمة التى تنشأ من تمدد السحاب داخل المنطقة المفرغة تحوّل بخار السحاب ثلجاً فى الأول ثم يصير هذا الثلج بطريقة ما بَرَداً صغيراً أو كبيراً . وتعاقُب الطبقات الجمدية والثلجية فى حبة البرَد يدل على أن الحبة كانت إذا سقطت وتكاثف عليها الماء فى مرورها خلال بعض السحاب عادت فأُرغمت على الصعود إلى المنطقة الثلجية مرة أخرى ، فتتجمد عليها أولاً الطبقة المائية التى كانت حولها وتتحول إلى طبقة من الجمد ، ثم تلتصق بها طبقة من البخار المتجمد أى الثلج ؛ ثم تأخذ فى السقوط تارة وفى الصعود أخرى ، فإذا سقطت تكونت عليها طبقة مائية و إذا صعدت تحولت هذه إلى طبقة جمدية وتكونت حولها طبقة ثلجية بعد ذلك ، وهلم جرا .

هذا ما يستنتج من تراوح الطبقات الجدية والثلجية فى البرَد . لكن ما هى القوى الهائلة التى تصعد بالحبة مرة بعد أخرى رغم الجاذبية حتى تبلغ حبة البرد ذلك الحجم الغريب ؟ هنا يختلفون وحق لهم أن يختلفوا . فبعضهم يرى أنها قوى آلية مرجعها إلى تيارات هوائية عنيفة تدفع بالبرد برغمه إلى الطبقة الثلجية حتى إذا تمت وضعف التيار بصعوده سقطت الحبة إلى الطبقة المائية فيلقاها التيار القوى فيصعد بها وهلم جرا ، حتى يعجز عن حملها التيار الهوائى الصاعد فتسقط هاوية إلى الأرض .

وبعضهم يرى أن القوى ليست قوى آلية هوائية ولكن قوى كهربائية . إن السحاب يكون ركاماً بعضه فوق بعض إلى أعماق عظيمة ، وقد تكون طبقاته مختلفة التكهرب : طبقة موجبة أو سالبة تليها طبقة ضدها وهلم جرا ؛ أو على الأقل قد يؤول الأمر إلى أن تكون الطبقة الباردة الثلجية مخالفة فى كهربائيتها الطبقة المائية التى تحتها . فلنفرض أن الثلجية كانت سالبة التكهرب والمائية موجبته ؛ هنالك إذا تساقطت بلورات الثلج حتى تبلغ المنطقة الموجبة زالت كهربائيتها وانقلبت موجبة فى طرفة عين ، فدفعتها الطبقة الموجبة وجذبتها السالبة إلى أعلى فتنقلب كهربائيتها إلى سالبة فتندفع إلى أسفل ، حتى إذا بلغت الطبقة المائية الموجبة انقلبت كهربائيتها مرة أخرى وانجذبت إلى أعلى ، ولا تزال هكذا تتذبذب فى الاتجاهين ساقطة صاعدة ، وفى كل مرة تتكون حولها طبقة من جمد أو ثلج ، حتى تثقل إلى حد تعجز القوتان الكهربائيتان معه أن تتقاذفاها هكذا ، فتهوى إلى الأرض برَداً كبيراً قد يهلك الزرع إن لم يهلك الناس . وبعبارة أخرى يرى هذا الفريق أن الحالة الجوية الكهربائية السابقة على العواصف البرَدية تكون من التقلب والتعقد والشدة ، بحيث يصبح من السهل معها أن تتذبذب طبقة مائية بين طبقتين من السحاب المتراكب مختلفتى التكهرب

والبرودة ، فإذا صعدت أو هبطت تكونت عليها طبقة من الجمد أو الثلج حتى يؤذن لها بالسقوط .

والكهربائية الجوية على أى حال هى من أساس الرأيين لأن تلك التيارات الهوائية التى يتكلم عنها الرأى الأول لا بد أن يكون للكهربائية الجوية شأن فى تكوينها .

الصواعق : وقد يحدث التفريغ الكهربأئى بين السحاب والأرض بدلا من بين السحاب والسحاب ، وهذا يكون عادة إذا كان السحاب عظيم الكهربائية قريباً من الأرض ، فإذا حدث التفريغ ظهر له كالعادة ضوء وصوت نسمى مجموعهما **بالصاعقة** ؛ أى أن الصاعقة تفريغ كهربائى بين السحاب والأرض إذا أصاب حيواناً أو نباتاً أحرقه . وهو يحدث أكثر ما يحدث بين الأجسام المدببة على سطح الأرض من شجر أو نحوه و بين السحاب ، ولذا كان من الخطأ الاستظلال بالشجر أو المظلات فى العواصف ذات البرق . على أن الإنسان قد استخدم سهولة حدوث التفريغ بين الأجسام المدببة والسحاب لوقاية الأبنية من الصواعق وذلك بإقامته على سطوحها قضباناً حديدية أو نحاسية مدببة الأطراف بحيث يكون طرف القضيب المدبب أعلى قليلاً من أعلى نقطة فى البناء ، والطرف الآخر متصلاً بلوح فلزى مدفون فى أرض رطبة . ومن شأن الأطراف المدببة أن يكون كل منها باباً تخرج منه الكهربائية المتجمعة على السطح تدريجاً إلى السحاب الذى يظله ، فيحدث التفريغ أى الاتحاد بين كهربائية الأرض وكهربائية السحاب تدريجاً فيمتنع ذلك التفريغ الفجائى المعروف بالصاعقة . على أنه إذا نزلت الصاعقة بالبناء رغم ذلك فالأرجح جدا أنها تصيب القضيب المدبب أول ما تصيب ، وتنصرف الكهربائية إلى الأرض بدلا من أن تدك البناء . ولذا

يسمى مثل هـذا القضيب المدبب الواصل إلى الأرض بصارفة الصواعق . وقد وجدوا أن السـطح الخارجي للقضيب هو الطريق الذى تمر به الـكهربائية إلى الأرض ، لذلك كلما كان هذا السطح أكبر كان الصرف أعظم والبناء أحصن ، ولذا كانت الصفائح أفعل فى حفظ الأبنية من مثل كتلتها من الأسلاك .

القرآن الكريم والظواهر الجوية السابقة : إن الظواهر الجوية السابقة لقيت تنويهاً كثيراً فى القرآن الـكريم ؛ ولم يكن بد من أن يكون ما ورد فيها من الآيات مجملاً إذ التفصـيل غير ممكن ، ولو أمكن لما فقه العقل حين نزل القرآن منه شيئاً ، بل لقام حائلاً دون قبول العقل إذ ذاك رسالة القرآن . والعقل لا يزال فى حيرة من حقيقة كثير من تلك الظواهر ، فقد وجد الإنسان أن الجو من أعوص المشاكل وأن دراسته من أصعب الأمور . وصعوبتها ليست راجعة فقط إلى تعقد مسائله ولـكن إلى ضرورة توحيد جهود الأمم فى القيام بتلك الدراسة لأنها تتعلق بظواهر عامة تشمل الأرض بأسرها لا إقليماً خاصا منهـا ، كالرياح ونشوئها وتصريفها ، والسحاب ونشوئه وتسخيره ؛ فإن الرياح التى تهب على بلد أوالسحب التى تصب ماءها فيه ليست مناشئها فى ذلك البلد ولـكن فى خارجه من الأقطار القريبة أو البعيدة . وإذا كان الإنسان قدعرف بصورة عامة العوامل التى تتسبب عنها الرياح مثلاً فإن تحليل أى ريح خاصة إلى عواملها الخاصة من الناحية الكيفية بله الناحية الـكمية من أصعب الأمور . وهذا التحليل حين يمكن لا يمكن إلا بواسطة معلومات شتى يحصل عليها الإنسان بأرصاد شتى فى أقطار شتى . والأرصاد الجوية إذا أمكنت بانتظام قريباً من سطح الأرض فالقيام بها بانتظام بعيداً عن سطح الأرض فى المناطق العليا من الجو لمّا يصبحْ فى مقدور الإنسان . والمناطق العليا من الجو هى مجال تلك الظواهر الجوية التى نوّه بها القرآن وحث الإنسان على تفهمها . فكأن الإنسان لا يزال من دراسة تلك الظواهر فى أول

الشوط ؛ فهو يدرى قليلاً أو كثيراً عما يجرى قريباً منه على وجه الأرض لكنه لا يكاد يدرى شيئاً عما يجرى بعيداً عنه فى أعلى الجو وإن كان يرجو أن يكون ما يدريه سبباً إلى ما لا يدريه ، وأن تكون الخبرة التى اكتسبها فى دراسة الجويّات السفلية دليلاً إلى الطريق التى يصل بها إلى دراسة الجويات العلوية . فإنسان اليوم كإنسان الأمس لا يزال يخاطبه القرآن ويستحثه إلى استكناه تلك الظواهر الجوية .

على أن الإنسان وإن كان فى أول الشوط من معرفة تلك الظواهر فقد وصل منها إلى شيء مذكور . من ذلك ما ذكرناه لك فى هذا الفصل ، وهو إن لم يكن تفسيراً مفصلاً فهو تفسير مجمل لتلك الآيات الكريمة الواردة فى الرياح والسحاب والمطر والبرد والبرق والرعد . وتلك الآيات الكريمة على إجمالها فيها إشارات إلى أمهات الحقائق الجوية التى كشف عنها العلم حديثاً . ففى آية فاطر : (والله الذى أرسل الرياح فتثير سحاباً فسقناه إلى بلد ميتٍ فأحيينا به الأرض بعد موتها ، كذلك النشورُ) ، إذا قصرنا نظرنا على ما يتعلق منها بالرياح والسحاب ، وجدنا فى كلمة « تثير » فى موضعها من الآية إشارة لطيفة إلى أثر الرياح فى تكوين السحاب . والإنسان إذا قرأ أمثال هذه الآية ينصرف ذهنه إلى حمل الرياح السحابَ من بلد إلى بلد ، فهو يفرض أن السحاب دائماً موجود ليس فى حاجة إلا إلى أن يحمل . وحمل الريح السحاب من مكان إلى مكان أمر فى غاية الأهمية طبعاً لكنه مشار إليه فى الآية الكريمة بكلمة (فسُقناه إلى بلد ميت) ، إذ أينما كان السحاب فإن انتقاله أياً كان داخل كله فى معنى السَّوْق ، وإذن فلا بد أن يكون المعنى المعبر عنه بكلمة (فتثير) غير المعنى المعبر عنه بكلمة (فسقناه) فى تلك الآية الكريمة . وإذا رجعنا إلى القاموس وجدنا من معانى مصدر « ثار » « السطوع ونهوض القطا والجرادِ وظهور الدم ... وأثاره واستثاره

غيرُه » ، فمعانى الإثارة المقابلة لهذه المعانى الثلاثة بينها معنى واحد مشترك هو الإظهار . فالرياح إذن تظهر السحاب بعد خفائه ثم يسوقه الله حيث يشاء . وهذا الإظهار ينبغى أن يكون غير الإظهار الناتج عن السَوق من مكان بعيد خافٍ إلى مكان قريب ظاهر للعين ، وذلك أولاً لما ذكرناه قبل من أن هذا داخل فى معنى السوق ، وثانياً لأن الإظهار بهذا المعنى نتيجة للسوق ينبغى ألا يتقدم ذكرها عليه إذ تقديمها يكون قلباً للوضع الصحيح وذكراً للنتيجة قبل المقدمة ؛ بل يكون فى الآية ترتيباً للمقدمة على النتيجة . وهذا غير معقول لأن الآية رتبت السوق على الإثارة ولم ترتب الإثارة على السوق . فيجب إذن أن نستبعد الإظهار الناتج عن تغيير مكان السحاب من بين معانى إثارة الرياح السحاب ، وإذن لا يبقى هناك إلا إظهار واحد يجب أن تحمل عليه الإثارة هو إظهار التكوين أى تسبيب التكاثف . وإذا تذكرت أن السحاب هو بخار كان قبل كامناً فى الهواء غير المشبع ، أو فى الهواء فوق المشبع الخالى من الأيونات أو الغبار ، ثم ظهر بالتكاثف لما انقلبت حالة الهواء من حيث التشبع أو من حيث نسبة الأيونات فيه ، وتذكرت أن هذا الانقلاب لا يكون إلا بفعل الرياح سواء كان ذلك بحملها البخار إلى المناطق الباردة العلوية أو بحملها الغبار والأيونات إلى تلك المناطق ، اتضح لك أن المراد بإثارة الرياح للسحاب هو أثر الرياح فى تكوّن السحاب لا فى نقله . وهذا الأثر شبيه كل الشبه بإثارة الصيد من قطاً أو نحوه ، فإن القطا وما إليه مما يصاد من الطير كان خافياً عن العين قبل أن يثار فلما أثير ونهض فى الجو ظهر ، مع أنه كان فى الحالين بمكان قريب وبمرأى من الصائد لو استطاع أن يراه . وكل الفرق قبل النهوض وبعده ، أو قبل الإثارة وبعدها ، أن الطير أو الصيد كان كامناً لا يرى رغم قرب مكانه فلما أثير واضطر إلى النهوض فى الهواء رؤى ، كالبخار كان كامناً فى الهواء قبل أن تحمله الرياح إلى مناطق

التكاثف فى الجو العلوى فلما حملته وتكاثف رؤى . وهذا الشبه الشديد بين كمون القطا وكمون البخار ، ونهوض القطا بفعل أعوان الصائد وصعود البخار بفعل الرياح ، وظهور القطا بعد نهوضه وظهور السحاب بتكاثف البخار بعد صعوده — هذا الشبه الشديد قرينة قوية أخرى على صحة ما استنتجناه من أن ظهور السحاب بالإثارة غير ظهور السحاب بالسَوق . فالسحاب لا يساق إلا بعد أن يوجد وإلى ايجاد السحاب بفعل الرياح وإلى جميع الحقائق المنطوية فى هذا الإيجاد أشار الله سبحانه حين عبر بكلمة « تثير » عن عمل الرياح فى تكوين السحاب .

وفى الآية الكريمة شيء آخر يستلفت النظر ، ذلك هو نسبة الإثارة إلى الرياح ، ونسبة السَوق إلى الله سبحانه : (والله الذى أرسل الرياح فتثير سحاباً فسقناه إلى بلد ميت) . صحيح أن الرياح لم تثر السحاب حتى أرسلها الله ، لكنها أيضاً كما تثير السحاب تحمله وتنقله ، فذلك كله لا يقع إلا بإذن الله وبتقديره ، ومع ذلك فقد نسب الله الإثارة إلى الرياح واستأثر سبحانه بالسوق فنسبه لنفسه . والإنسان يتبين طرفاً من هذه الحكمة إذا تذكر الفرق الكبير فى التقدير بين تكوين السحاب وبين توزيعه وسوقه إلى مكان الحاجة إليه . فالتكوين لا يحتاج إلا إلى التكثيف ، وهذا يكفى فيه أن يُحمل البخار إلى حيث يمكن أن يتكاثف سحاباً فى الجو ، والريح تفعل ذلك فيتكون السحاب فى أى مكان كان . لكن سوقه بعد تكونه ، إلى حيث الناس والأنعام والزرع فى حاجة إليه ، يحتاج إلى تقدير وتدبير فى توجيه الرياح لا يكاد الإنسان على ما بلغ من العلم يدرى الآن من سرها شيئاً . فمن طبيعة الرياح أن تحمل البخار ، حتى إذا بلغت به المناطق الباردة تكاثف ، لكن ليس من طبيعة الرياح أن تتجه بالسحاب إلى حيث تشتد حاجة الأحياء إلى الماء ، وإنما الله يوجهها بالسحاب إلى حيث يشاء سبحانه أن ينزل الماء . فهى تثير السحاب لا يهم أين تثيره ، والله يسوقه بها ، أو بها

و بغيرها ، سوقاً مقدّراً لا يدرى الإنسان الآن من سره إن درى إلا قليلاً ، وهو مهما درى لا يمكن أن يحيط بسره ، لأن وقوف السحاب بالبلاد يمطرها ليس من الأمور المطردة التى إذا عرفها الإنسان فقد عرفها إلى الأبد ، فكم من بلد يمطر ثم يحرم لا يدرى لم مُطرولم حُرم ، و إنما الذى من قبيل المطرد من الأمر هو علل تكون السحاب بالتكاثف فى جو السماء . من أجل ذلك نسب الله إثارة السحاب إلى الرياح ، ونسب إلى نفسه إرسال الرياح وسوق السحاب إلى حيث يشاء سبحانه من البلاد . ولا يزال هذان مَظهرين لإرادته سبحانه يدلان الإنسان مهما أوتى من العلم على أن من وراء هذا الكون إلهاً يدبره .

الأمطار : أما العوامل المسببة للإمطار ومحورها كما رأيت الكهربائية الجوية فقد أشير إليها إشارات واضحة فى أكثر من آية . من تلك الآيات الكريمة آية الحِجْر : (وأرسلنا الرياح لواقح ، فأنزلنا من السماء ماء فأسقيناكموه ، وما أنتم له بخازنين) . ومفتاح هذه الآية الكريمة هو ترتيب إنزال الماء لسقيا الناس على إرسال الرياح لواقح . والناس يحملون وصف الرياح باللواقح على أنها لواقح للزرع والشجر وهذا منهم إغفال للنصف الثانى من الآية ، إذ لو كان ما ذهبوا إليه هو المراد لترتب عليه إزكاء الزرع و إخراج الثمر للناس يأكلونه ، لا إنزال الماء من السماء للناس يشربونه . أما وقد رتب الله على إرسال الرياح لواقح إنزالَ الماء من السماء يُسقاه الناس فقد تحتم أن يكون للواقح معنى آخر غير معنى تلقيح الزرع ، ويكون مع ذلك من ناحية شبيهاً بلقاح الأحياء من زروع وحيوان ، ومن ناحية أخرى يكون بينه و بين نزول الماء ما بين العلة والمعلول أو السبب والمسبب . وما عليك إلا أن تذكر ما قدمنا لك عن تكاثف السحاب مطراً ، وعن أثر كهربائيته فى ذلك التكاثف وأثر الرياح فى تمهيد سبل الاتحاد بين كهربائية وكهربائية فى سحاب وسحاب ، لتعلم أن المراد من وصف الرياح بأنها

لواقح ليس هو الإشارة إلى أثرها فى الجمع بين طلع أعضاء التذكير و بويضات أعضاء التأنيث فى النبات ، ولـكن هو الإشارة إلى أثرها فى الجمع بين الـكهر بائية الموجبة والـكهر بائية السالبة فى السحاب . فالملاقحة هنا هى بين قُطيرات وقطيرات أو بين سحاب وسحاب ، لا بين زهر وزهر أو نبات ونبات . والشبه تام بين هذا التلقيح النباتى وذاك التلقيح الـكهر بائى ؛ أو بالأحرى ليس هناك تشبيه مطلقاً فإن اتحاد الـكهر بائيتين تلقيح إن كان اتحاد الخليتين تلقيحاً ، لأنه فى الحالين اتحاد تام بين شيئين متضادين متجاذبين يختفى به الشيئان و يظهر مكانهما شىء آخر غيرهما . ففى حالة التلقيح النباتى ينشأ من بين الخليتين خلية واحدة لها خواص غير خواص أبيهما ، وفى حالة التلقيح الـكهر بائى ينشأ من بين الـكهر بائيتين ضوء وحرارة لهما خواص غير خواص الـكهر بائيتين . فهذا شرط الشبه الشديد للقاح الأحياء قد توفر . أما شرط ترتب نزول الماء على تحقق هـذا الإلقاح فقد عرفت توفره من ترتب تكاثف السحاب مطراً على التفريغ الـكهر بائى السحابى . فآية الحِجْر تلك هى مظهر من مظاهر الإعجاز المتجدد للقرآن لأن تلاقح السحاب وأثره فى نزول المطر أمر كان يجهله الإنسان حتى كشف عنه العلم الحديث . وهى طبعاً مثل رائع من التطابق التام بين العلم والدين فى الإسلام .

وآية أخرى أكثر تفصيلاً من آية الحجر هى آية النور : (ألم تر أن الله يُزجى سحاباً ثم يؤلِّفُ بينه ثم يجعلُه ركاماً فترى الودقَ يخرج من خِلالِه ؛ و ينزِّل من السماء من جبالٍ فيها من بردٍ فيصيب به من يشاء و يصرفه عن يشاء ، يكاد سَنا برقِه يذهب بالأبصار) . ومفتاح هذه الآية الـكريمة هو فى قوله تعالى : (ثم يؤلِّف بينه) فقد كان الناس يمرون بهذه الـكلمات الـكريمة يرونها مجازاً من المجازات البلاغية ، وهى حقيقة من أمهات الحقائق الـكونية . وهذه الـكلمات مفتاح الآية الـكريمة لأنها تدل بوضوح على الحقيقة الـكهر بائية التى تقوم عليها

تلك الظواهر الجوية كلها ، فإن التأليف بين السحاب ما هو إلا إشارة واضحة بل وصف دقيق للتقريب بين السحاب المختلف الكهربائية حتى يتجاذب ويتعبأ في الجو تعبئة كتعبئة الجيوش تتفق مع ما يريد الله أن يخلقه من بين السحاب من برق أو صواعق ، ومن مطر أو برَد . فإذا كان السحاب المتجاذب بعضه فوق بعض نشأ السحاب الركام وقد ذكرنا لك قبل ما وجدوه من أن عمق الركام في العواصف الرعدية يكون عظيما ، فإذا حدث التفريغ داخل السحاب بين بعض تلك الطبقات وبعض كما هو الغالب نزل المطر الناشىء عن ذلك التفريغ من خلال الطبقات الدنيا وتكبر قطراته أثناء نزولها بما تستلحقه من القطيرات ، وهو الودق . فإذا بلغت الحالة الجوية الكهربائية في ذلك السحاب الركام من القوة ومن الاضطراب ما يسمح بوقوع تلك الظاهرة الغريبة ، ظاهرة تردُّد بلورات الماء بين منطقتين ، ثلجيةٍ علوية ومطرية سفلية ، تكوّن البرد ونما حتى يصير أثقل من أن يظل في أسر تلك القوى فيسقط على الأرض رحمة إن كان صغيراً هيناً ، ونقمة إن كان كبيراً راجماً (فيصيب به من يشاء ويصرفه عن يشاء) . وليس يدري الإنسان كثيراً عن الظروف التي يتكوّن فيها البرد لكنه يدري أنها ظروف يسودها اضطراب جوي عظيم . هذا الاضطراب قد أشارت الآية إليه وإلى طبيعته إشارتين : الأولى حين شبهت السحاب الركام الذي يتكون البرَد داخله بالجبال ، والثانية حين أشارت إلى عظم القوى الكهربائية المشتركة في تكوينه بنصها على عظم برقه وشدته وبلوغه من الحرارة درجة الابيضاض أو ما فوق ذلك (يكاد سنا برقه يذهب بالأبصار) .

وهناك آية أخرى أشارت إلى الطبيعة الكهربائية لتلك الظواهر إشارة من نوع آخر هي آية الواقعة : (أفرأيتم الماء الذي تشربون ؟ أأنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون ؟ لو نشاء جعلناه أجاجاً ، فلولا تشكرون !) . وتستطيع بعد أن

عرفت العوامل المتعددة التى لا بد من تعاونها على تكوين المطر أن تدرك شيئاً من سر الحجة فى هذا السؤال العجيب : (أأنتم أنزلتموه من المزن أم نحن المنزلون ؟) لكن الإشارة التى أردنا أن نلفت النظر إليها هى فى قوله تعالى : (لو نشاء جعلناه أجاجاً ، فلولا تشكرون) . والناس طبعاً يسلمون بالقدرة الإلهية على قلب العذب أجاجاً و يظنون أن هذا يكون عن طريق الخوارق ولا يتساءلون هل فى سنن الله ما يسمح بهذا . ولو تساءلوا وتطلبوا الجواب فى العلم لوجدوه قريباً ، ولعرفوا أن عذوبة الماء الذى يسقيهم الله إياه من السحاب هى محض رحمة الله . إن الماء طبعاً عذب بطبيعته ، وماء المطر معروف أنه أنقى المياه ، لكن طبيعة تكونه من السحاب تعرضه لأن ينقلب أجاجا لا ينتفع به الإنسان .

إن الهواء كما تعرف أربعة أخماسه أزوت أو نتروجين ، والأزوت كما تعرف أيضاً لا يكاد يتحد فى العادة بشىء ، ولا بالأكسيجين الذى يكاد يتحد بكل شىء . لكن الكيمياويون وجدوا أنهم يستطيعون بالكهربائية أن يحولوا الأزوت غير الفعال إلى أزوت فعال يتحد بأشياء كثيرة فى درجة الحرارة العادية ، كما وجدوا أنهم يستطيعون أن يحملوا الأزوت على الاتحاد بالأكسيجين بإمرار الشرر الكهربائى فى مخلوط منهما ، ومن هذا الاتحاد ينشأ بعض أكاسيد للأزوت قابل للذوبان فى الماء وإذا ذاب فيه اتحد به وكون حمضين أزوتيين أحدهما حمض الأزوتيك أو ماء النار كما كان يسميه القدماء ، وإليه يصير الحمض الثانى . وقليل من حمض الأزوتيك فى الماء كاف لإفساد طعمه . وأظنك الآن بدأت تدرك الطريق الذى يمكن أن ينقلب به ماء المطر ماء أجاجا من غير خرق لأى سنة من سنن الله . فهو نفس الطريق الكهربائى الذى يتكون به المطر ، وكل الذى يلزم أن يتعدل التفريغ الكهربائى ويتكرر فى الهواء تكراراً يتكون به مقدار كاف من تلك الأكاسيد الأزوتية يذوب فى ماء السحاب و يحوله حمضيا

لا يسيغه الناس . وهذا هو موضع المنّ من الله على الناس : أنه يكيف التفريغ بالصورة التى ينزل بها المطر ولا يؤجّ بها الماء . إن شيئاً من ذينك الحضين لابد أن ينزل فى ماء العواصف ، وهذا ضرورى للحياة لأنه يتحول فى الأرض إلى الأزوتات الضرورية لحياة النبات . لكن الله برحمته وحكمته يقدّر تكونه بحيث لا يتأذى به إنسان ولا حيوان . ولو شاء الله لكثّره فى ماء المطر فأفسده على الناس . وسواء شكر الناس هذه النعمة أم كفروها فإن فى قوله تعالى (لو نشاء جعلناه أجاجا) إشارة إلى تلك العوامل الكهربائية التى يتكون بها المطر ، يفهمها من يفقه تلك الحقائق السابقة ومن يعرف أن الطريق الكهربائى هو أحد الطرق العملية التى يمكن بها تحويل الأزوت الجوى إلى حمض .

دورة الماء فى الأرض : إن نعمة الله على الناس فى الماء العذب أكبر من أن يقوموا بشكرها لأن كل ماء عذب فى الأرض كان أجاجا فى الأصل إذ هو آت من ماء البحار . إنك تعرف أن الأرض ربعها يابس وثلاثة أرباعها ماء . هذا الماء كله ماء مالح ، ومنه يقطر الله للانسان والحيوان والنبات ما لا غنى لهم عنه من الماء العذب . أما جهاز التقطير فليس كمثله جهاز : البحار كلها فى ذلك الجهاز دست لا يسخن من تحت كما يفعل الإنسان فى تقطيراته التافهة ولكن يسخن من فوق بنار قدر الأرض آلاف المرات . فاذا ما تبخر الماء بحرارة الشمس تكثف فى مكثف ناهيك من مكثف : الجو العلوى كله والجبال . والرياح مسخرة تحمل البخار من الأرض إلى الجو ، وتحمل السحاب فى الجو إلى حيث يشاء الله أن تنزل الأمطار . فاذا سالت الأودية وفاضت الأنهار وحمات الخصب والنماء إلى الأقطار تبخر بعضُ الماء ، وامتصت الأرض منه بعضاً ، وصار باقيه إلى البحر الذى كان منه مصعده . لكن ليس شىء من هذا الماء بضائع . فما تمتصه الأرض تتفجر به بعدُ عيونا حيث يشاء الله ، وما يتبخر من الماء العذب أو يصير

إلى البحر فهو فى حرز حريز من الضياع ، إذ مآله أن يصير مرة أخرى ماء يحيا به الناس والأنعام وتحيا به الأرض الموات . وهـذا فرق آخر بين صنع الله وصنع الإنسان : ما يفلت إلى الجو من الإنسان أثناء تقطيراته فهو ضائع لا يملك الإنسان له استرداداً ، لـكن ليس شىء من المـاء أو غير المـاء الصاعد إلى الجو ضائعاً فى ملك الله . فالمـاء بين البحر والجو واليابسة فى دورة مقدرة متصلة لا انقطاع فيها ولا توقف ولا تعثر ، عليها مدار الحياة فى الأرض ، ولا تنتهى أبداً إلا أن يشاء الله الذى أذن لها بالابتداء .

الفصل الخامس

الضـوء

لعل الضوء أهم صور الطاقة قاطبة ؛ لا لتوقف الإبصار عليه فحسب ، ولـكن لأن حياة النبات كلها متوقفة عليه ، وعلى حياة النبات تتوقف حياة الحيوان .

وموضوع الضوء واسع صعب ، فليس يمكن فى فصل أو فصلين إلا أن نتناول من نواحيه المتعددة ما يمكن تبسيطه مما له علاقة بالحياة .

خواص الضوء

وقد سبق أن ذكرنا بعض خواص الضوء التى وضعت النظرية الجسيمية ثم النظرية الموجية لتفسيرها . ونريد الآن أن نتناول تلك الخواص التى ذكرناها ، وبعضاً مما لم نذكر ، بشىء من الشرح توطئة لتطبيقها على بعض الظواهر الضوئية العادية .

(١) **خفاء الضوء** : وأول خاصة للضوء ينبغى التنبه إليها أنه نفسه لا يُرى ، وإنما الذى يرى هو الأشياء التى تعكسه . ولو لم يكن على سطح الأرض وفى الجو ما يعكس ضوء الشمس لما كان هناك نهار . ولو تصور الإنسان أنه صعد بالنهار حتى خرج عن جو الأرض وفارق غلافها الهوائى لوجد نفسه فى ظلام حالك أمام جسم منير هو الأرض ، ولرأى الغلاف الهوائى بادياً كما يبدو مسار الضوء إذا دخل من كوة فى قاعة مظلمة لانعكاس الضوء عن الهباء الذى فيه . فمظهر النهار فى الواقع لا يعدو الأرض وجوها ، والظلمة الحالكة خارج هذا الجو رغم الضوء الذى يخترق الفضاء نتيجة لازمةٌ لخفاء الضوء فى ذاته . وإذا تذكرنا أن الضوء هو اهتزازات أثيرية ، وأن الأثير نفسه لا يرى ، زال عنا العجب الذى يعترينا عن سماعنا بخفاء الضوء ، إذ لا يمكننا رؤية تلك الاهتزازات ما دمنا لا نستطيع رؤية الأثير المهتز .

فالإنسان إذن لا يرى ضوءاً ولكن يرى مضيئاً . فكأن كل جسم مرئى هو إلى حد ما جسم مضىء . إلا أن الأجسام المرئية تنقسم إلى ما هو مضىء **بالذات** وما هو مضىء **بالواسطة** . فالمضىء بذاته هو الذى **تتولد** الأشعة فيه ، كالشمس والمصابيح وكل جسم محترق . والمضىء بالواسطة هو الذى لا يتولد منه ضوء وإنما يأتيه الضوء من غيره ثم ينعكس عنه ، كالقمر والأرض وكل جسم مرئى بالانعكاس . ولعل الأولى للتفرقة بين هذين النوعين أن نقصر كلمة **مضىء** على النوع الأول ونطلق على النوع الثانى كلمة **منير** .

(٢) **استقامة مسار الضوء** : والخاصة الثانية أن الضوء لا يسير فى الوسط المتجانس إلا على خط مستقيم . ويراد بالوسط المتجانس كل وسط شفاف متشابه الأجزاء كالهواء والماء والزجاج .

والجسم **الشفاف** هو الذى يسمح بالمرور لمعظم الضوء إن لم يكن لكل الضوء ، وضده هو الجسم **الحاجب** الذى يمنع الضوء كله أو جله أن يمر فيه . وقد جرت العادة أن يسمى هذا الجسم *معتما* لكن الأولى تسميته حاجباً و إطلاق كلمة معتم على الأجسام التى هى بين بين ، لا حاجبة ولا شفافة ، والتى لا يُدرى بالضبط كيف تسمى ، فنسمى أحياناً نصف شفافة وأحياناً شبه شفافة ، وهى تسمية مركبة خير منها التسمية المفردة التى اقترحناها .

واستقامة مسار الضوء تتضح من استقامة طريق الأشعة الداخلة فى القاعات المظلمة من كوًى فيها أو من ثقوب فى نوافذها كما يكشف عنها الهباء السابح فى طريقها . كذلك تتضح استقامة المسار من استقامة الأشعة التى ترى فى بعض الأحوال خارجة من مصدر الضوء كالحراب أو السهام . و إذا أوقدت شمعة خلف حاجز مثقوب من ورق مقوى أو نحوه فى غرفة مظلمة ووضعت حذاء الثقب من الناحية الأخرى سطحاً أفقيا يمسه الشعاع فانك ترى ذلك الشعاع يمس السطح فى مسار مستقيم . و إذا وضعت حاجزاً آخر موازيا الأول وقريباً منه فانك ترى عليه خيالا معكوساً للشمعة . فإذا ثقبت فى هذا الخيال ثقباً فى الحاجز الثانى ونظرت فيه من خلف رأيت الشمعة من بين الثقبين ما داما والشمعة على استقامة واحدة ، فإذا خرج أحدهما عن الاستقامة ولو قليلا احتجبت الشمعة عن العين .

ولاستقامة مسار الضوء نتائج عدة : فأول نتيجة لها اختفاء المضىء إذا قام بينه و بين العين جسم صغير يحول بين أشعته و بين الوصول إلى العين عن طريق مستقيم . ولو كان الضوء يستطيع أن ينثنى فى الوسط المتجانس انثناء يذكر لاستطعنا أن نرى المضىء من وراء ذلك الجسم الحاجب وذلك بواسطة الأشعة التى كانت تنثنى حول حوافه .

الظلال : ومن نتائج استقامة مسار الضوء الظلال . والظل ما هو إلا جزء من سطح حال بين الأشعة و بين الوصول إليه حائل فى حين أن أجزاء السطح الأخرى لم يحل بينها و بين الأشعة شيء . و بعبارة أخرى الظل هو مكان خال من الضوء فى سطح مُضاء ؛ وخلوه راجع إلى وقوع الأشعة على جسم حاجب فى طريقها إليه . لذلك كان من الممكن دائما تحديد الظل بارسال مستقيمات من المضيء إلى حدود الحاجب ، ومد تلك المستقيمات حتى تلتقى بالسطح ، فتكون مواقعها من السطح هى حدود ظل الجسم الحاجب .

وخلو الظل من الضوء مطلقاً قلما يتحقق على ظهر الأرض ، و يمنع من تحققه **أولا** : انعكاس الضوء إلى الظل من الأجسام المجاورة **وثانيا** : انكسار الضوء إلى الظل بواسطة الهواء **وثالثا** : أن المضيئات هى فى الغالب سطوح أو خطوط كل نقطة من نقطها مصدر للضوء ، وقد يضيء بعض نقطها الظلالَ المتكونة من احتجاب أشعة البعض الآخر . هـذا هو السر فى أن الظلال لا تكون بالنهار حالـكة ولا قريبة من الحالـكة ، وأشبه الظلال بالظل الحالك هو جزء الظل الذى لايبلغه ضوء من أى نقطة من نقط الجسم المضيء . هذا الجزء الذى لايصل إليه ضوء يصح تسـميته بالظل الكلى ، أو الظل الحالك ، أو الظل اختصاراً . أما الجزء الآخر الذى يقع عليه بعض الأشعة و يحجب عنه البعض فيصح تسميته الظل الجزئى ، أو الظل الحائل ، أو شبه الظل .

وظلال الأجسام فى النهار تتحرك بحركة الأرض حول نفسها أمام الشمس حسب الواقع ، أو بحركة الشمس بالنسـبة للأرض حسب الظاهر . فالأرض تتحرك أمام الشمس حول نفسها من المغرب إلى المشرق فتبدو لنا الشمس كأنها تسـير حول الأرض من المشرق إلى المغرب . وتبدأ الظلال تتكون بارتفاع

الشمس عن الأفق ، ولما كانت أشعة الشمس فى أول النهار شديدة الميل فإن الظلال فى أول النهار تكون مستطيلة جداً قِبَل المغرب ثم تقصر شيئاً فشيئاً بتعالى النهار وتناقص ميل الأشعة حتى إذا صارت الأشعة عمودية أو شبه عمودية عند الزوال بلغت الظلال أقصرها ، فاذا مالت الشمس عن خط الزوال إلى الغرب تحول الظل قِبَل المشرق و بدأ يطول شيئاً فشيئاً حتى يبلغ أطوله قبيل الغروب .

وظلال الأجسام تدور على سطح الأرض بدوران الشمس الظاهرى فى السماء من المشرق إلى المغرب ، وتختلف مواضعها لا باختلاف ساعات النهار فحسب ولكن أيضاً باختلاف الفصول . هـذا الظل الدائر الذى ينسخ مواقع أشعة الشمس يسمى فيئاً . فهو مجرداً عن حركته ظل ، وملاحظاً فيه حركته فىء . وظلّيته المجردة راجعة إلى مقدرة الأجسام على حجب أشـعة الشمس و إلى استقامة هذه الأشعة . وفيئيته أوحركته الظلية راجعة فى صميمها إلى حركة الأرض حول نفسها أمام الشمس ، والأمران لا يقعان إلا طبق قوانين مقدرة ، و إليهما جميعاً تلفت الإنسانَ الآية الكريمة آية النحل : (أولم يروا إلى ما خلق الله من شىء يَتفيّأ ظلالُه عن اليمين والشمائل سجداً لله وهم داخرون) . والسجود هنا هو منتهى الخضوع لما سن الله للمخلوقات فى ذلك من سنن . فالظلال لابد أن تتكون ما دامت هناك أجسام ، وما دام هناك ضوء ساطع من النيرين على تلك الأجسام : لا تستطيع الأجسام امتناعا عن رمى الظلال ، ولاتستطيع الظلال امتناعا عن الامتداد ولا عن التحول شيئاً فشيئاً عن مواقعها من ناحيـة المغرب إلى ناحية المشرق ، وهى فى كل ذلك لا تستطيع أن تخرج قيد شعرة عن السنن التى سنها الله سبحانه للظل فى تكونه بين الضوء والأجسام ، أو فى تحركه الناشئ عن العلاقة الحركية بين الأرض والشمس أو بين القمر والأرض . و إلى الحركة النسبية بين الأرض والشمس وما تلحقه بالظل من تغـير لفتت الإنسان الآية

الكريمة ، آية الفرقان : (ألم تر إلى ربك كيف مد الظل ، ولو شاء لجعله ساكناً ، ثم جعلنا الشمس عليه دليلا . ثم قبضناه إلينا قبضاً يسيراً) وهى آية يقف الإنسان عندها لايكاد ينقضى عجبه ، وما انقضاؤه حين ينقضى إلا لقصر علمه ، وليس علم الإنسان بمحيط بأطراف معانيها . فما أظن الإنسان يفقه إلا قليلا من سر قوله تعالى : (ولو شاء لجعله ساكناً) ، وما يفقهه من سر قوله سبحانه : (ثم قبضناه إلينا قبضاً يسيراً) هو من غير شك أقل من القليل .

(٣) **انعكاس الضوء** : هذه هى الخاصة الثالثة و يراد بها ارتداد الضوء عن السطوح المصقولة طبق قانون خاص . وأهم شرط فى السطح المصقول أن يكون خالياً من النتوءات و إن صغرت ، وأن يكون براقا ، وليس يشترط بعد ذلك أن يكون مستوياً . فالمرايا مثلاً كما فيها المستوى فيها الكرىّ وفيها البيضاوى وفيها غير ذلك ، ولكل مزاياه .

وقانون الانعكاس ذو شطرين : **الأول** أن الشعاع الساقط والشعاع المنعكس والعمود على السطح العاكس من نقطة الانعكاس تقع كلها فى مستو واحد . **والثانى** أن العمود ينصف الزاوية بين الشعاعين ، أو كما يفضلون أن يقولوا : إن زاوية السقوط تساوى زاوية الانعكاس .

وتحقيق هذا القانون سهل ، لكن لاداعى يدعو إلى شرح الطريقة فى ذلك .
والعين لا تستطيع تمييز ما يكون فى مسار الضوء بعد الانعكاس من التواء وانكسار ، فإذا جاءها شعاع منعكس خيل إليها أنه آت من وراء السطح العاكس ، أى من صورة الشىء فى السطح الصقيل . فالأشعة المنعكسة إذا مدت على استقامتها وراء السطح العاكس انتهت بصورة الجسم الذى هو مصدر الأشعة الساقطة : يسقط الشعاع من الجسم على السطح الصقيل فينعكس إلى العين فيرى الإنسان به جزء الصورة المناظر لجزء الجسم الصادر منه الشعاع . فكيفما وصل إلى العين شعاع

منعكس عن سطح رأى الإنسان به صورة مصدر الشعاع فى ذلك السطح . وهذا هو السبب فى أن الإنسان إذا سار على شاطئ نهر فى ليلة مقمرة يعلو فيها القمر الماء رأى صورة القمر فى الماء كلما نظر إلى صفحة النهر ، كأنما صورة القمر تماشيه فى الماء وليس كذلك ، ولكن أشعة القمر ساقطة على سطح الماء منعكسة عنه فى كل مكان ، فإذا نظر الإنسان إلى الماء أصاب العين بعض الأشعة بعد انعكاسها فيبصر بها صورة القمر فى الماء . وتنقطع رؤية الإنسان الصورة فى الماء أو فى غيره بانقطاع الأشعة المنعكسة أن يصل بعضها إلى العين .

أما الموقع الوهمى للصورة وراء السطح العاكس المستوى من ماء أو زجاج فهو بحيث يكون السطح العاكس فى منتصف المسافة بين الجسم والصورة .

وأما وضوح الصورة فيتوقف على مقدار الضوء المنعكس وانتظام السطح العاكس . وانتظام السطح يؤدى إلى انتظام الصورة ، وعظم مقدار الضوء المنعكس يؤدى إلى جلائها كما هو الحال فى المرايا المستوية فانها تعكس إلى العين معظم مايقع عليها من الضوء . أما إذا كان السطح العاكس سطح جسم شفاف ، كسطح الماء أو سطح لوح من زجاج ، فإن أكثر الضوء ينفذ فى الماء أو الزجاج وأقله ينعكس عن سطحه ، ولذا تكون الصورة المرئية قليلة الوضوح . وقد ينعكس بعض الضوء عن السطح الخلفى بعد أن ينفذ إليه من اللوح الزجاجى فيبصر الإنسان صورة أخرى أضعف من الصورة الأولى المبصَرة بالضوء المنعكس عن السطح الأمامى للوح .

على أن هناك ظروف ينعكس فيها كل الضوء الساقط على سطح الجسم الشفاف فيبدو شديد البريق جدا ، ويسمى الانعكاس فى هذه الحالة بالانعكاس الكلى .

هذا إذا كان السطح منتظما صقيلا . أما إذا كان غير صقيل وذلك أن

يكون خشناً كثير النتوءات فان كل نتوء يشتت الشعاع الساقط عليه فى جهات شتى إذ من الممكن اعتبار كل نتوء ذا سطوح صغيرة متقاربة على غير انتظام ، وتكون النتيجة ليس انعكاساً بالمعنى السابق شرحه فى المرايا ، ولكن تشتتاً لا يرى بواسطته إلا السطح المشتِّت . أما مصدر الضوء فليس يرى عن هذا الطريق ، ولذا يحسن منذ الآن قصر مادة « عكس » على ارتداد الضوء بانتظام عن السطوح الصقيلة ، ومادة « شتت » على ارتداد الضوء بغير انتظام عن السطوح غير الصقيلة كسطح الأرض وسطوح الأبنية وما إليها .

وتشتيت الأجسام الضوء إلى كل مكان هو السبب فى رؤية تلك الأجسام أولا وفى انتشار النور ثانياً ، بالنهار أو بالليـل ، بحيث لو لم تكن تلك الأجسام المشتتة لنور الشمس من الغبار العالق فى الجو أو الأجسام المستقرة على الأرض ما عرفنا النهار كما نعرفه الآن .

(٤) **انكسار الضوء** : هذه خاصة من أهم خواص الضوء . وقد يبدو لك أنها تضاد الخاصة الثانية ، خاصة استقامة مسار الضوء ، لكن لا تضاد بينهما فإن شرط الاستقامة أن يكون الضوء كله فى وسط متجانس . أما إذا خرج من وسط متجانس إلى آخر متجانس فإن مساره فى كل منهما يكون مستقيما لكن مجموع المسارين أو المسار الكلى يكون منكسراً .

ومعنى هذا كما سبق شرحه من قبـل أن الضوء ينكسر عن مساره إذا خرج من وسط إلى وسط ، ومبدأ الانكسار يكون عند المدخل أو المخرج كما تشاء أن تسميه ، فإن نقطة الانكسار هى المدخل بالنسبة للوسط الثانى والمخرج بالنسبة للوسط الأول .

وقانون الانكسار كقانون الانعكاس ذو شطرين : **الأول** أن الشعاع الساقط والشعاع المنكسر والعمود على السطح الفاصل بين الوسطين عند نقطة

الانكسار تكون كلها فى مستو واحد . وهذا الشطر كنظيره فى قانون الانعكاس على سواء .

الثانى : أن الانكسار يكون نحو العمود فى الوسط الأكثف ، و بعيداً عن العمود فى الوسط الأخف . وهذا قد سبق ذكره ، إنما علينا هنا أن نلاحظ ما لم نلاحظه من قبل وهو أن أكثف وأخف هنا لا يلزم أن يكون لهما المعنى الآلى الذى سبق شرحه حين شرحنا كثافة الأجسام ، فقد يكون الوسط زيت أخف من الماء مثل زيت الزيتون ومع ذلك ينكسر الضوء فيه نحو العمود إذا خرج من الماء إليه . فهذا الزيت أخف من الماء ماديا لكنه أكثف من الماء ضوئيا . وليس للكثافة أو الخفة الضوئية معنى إلا أن الشعاع ينكسر نحو العمود أو عن العمود حسب الظروف . فاذا انكسر نحو العمود كان الوسط ضوئيا أكثف ، و إذا انكسر عن العمود كان الوسط ضوئيا أخف . وكثيراً ما تكون الكثافة المادية دليل الكثافة الضوئية كما هو الحال فى الهواء والماء والزجاج .

والانكسار بين وسطين يقع أيضا بقدر مقدور ، فإن زاوية السقوط وزاوية الانكسار تكونان دائما ذات علاقة ثابتة ما دام الوسطان ثابتين . أما تلك العلاقة الثابتة فليست هى النسبة بين الزاويتين ولكن بين بعدى أى نقطتين متناظرتين على الشعاعين عن العمود على السطح . و بُعد نقطة عن مستقيم هو العمود النازل من النقطة على المستقيم . فإذا رسمنا العمود على سطح الانفصال والشعاعين الساقطَ والمنكسر ، وأخذنا على الشعاعين نقطتين متناظرتين أى متساويتى البعدين عن نقطة الانكسار أو نقطة السقوط كما نشاء أن نسميها ، ورسمنا من كل من هاتين النقطتين عموداً على العمود السطحى ، فإن النسبة بين هذين العمودين تكون دائماً ثابتة للوسطين اللذين انكسر بينهما الضوء . أى أن كل شعاع ساقط له شعاع منكسر يناظره تكون بينهما تلك العلاقة قائمة . وهذه

الحقيقة المهمة تُعرف بقانون اسْنِل ، نسبة إلى كاشفها .

ونسبة العمود المرسوم داخل زاوية السقوط إلى العمود المناظر له المرسوم داخل زاوية الانكسار يسمى **معامل الانكسار** أو **دليل الانكسار** من الوسط الأول الذى فيه السقوط إلى الوسط الثانى الذى فيه الانكسار . فمعامل الانكسار من الهواء إلى الماء مثلا ثابت وهو عكس معامل الانكسار من الماء إلى الهواء كما هو واضح . وأى رسم تقريبى للعمودين على النمط الموصوف آنفاً يبين بسهولة أن معامل الانكسار من الهواء إلى المـاء أكبر من الواحد ، وهذا يسمى اختصاراً معامل انكسار المـاء . وبالمثل معامل انكسار الزجاج هو معامل الانكسار من الهواء إلى الزجاج وهلم جرا . أى أنه للمقارنة بين الأوساط من حيث انكسار الضوء فيهـا يمكن نسبتها جميعاً إلى الهواء ، وإن كان نسبتها إلى الفراغ الخالص أدق وأضبط .

بعض معاملات الانكسار

المـادة	القيمة	المـادة	القيمة
الهواء (بالنسبة إلى الفراغ)	١,٠٠٠٢٩	الزجاج	١,٥ فى المتوسط
المـاء عند ٢٠° م	١,٣٣	الملح الخشن (الجبلى)	١,٥
الجَمَد	١,٣١	المـاس	٢,٦
الكحول	١,٣٧	الحديد	١,٧٣
زيت الزيتون	١,٤٧	النحاس	,٦٥
« التربنتينا	١,٤٧	الصديوم	,١٢

وقد تستغرب ذكر الحديد والنحاس والصديوم فى هذا الجدول لأن هـذه

المواد غير شفافة . هى بالفعل غير شفافة فى سمكها العادى لـكنها إذا رققت رقة كافية سمحت للضوء بالمرور فيها بحيث يمكن قياس معامل انـكسارها أو دليـل انـكسارها كما تشاء أن تقول . ومما يستلفت النظر فى هذا الجدول أيضاً أن النحاس والصديوم أخف ضوئيا من الهواء .

الانعكاس الكلى : والآن نستطيع أن نفهم الظرف الذى يمكن أن ينعكس فيه الضوء كله عن السطح الفاصل بين شفّافين . لقد رأيت أن زاوية السقوط فى الوسط الأخف بالمعنى الضوئى تـكون أكبر من زاوية الانـكسار فى الوسط الأكثف أو بالعكس : زاوية السقوط فى الوسط الأكثف تكون أصغر من زاوية الانكسار فى الوسط الأخف . تصور الآن أن هناك شعاعا ساقطاً فى الوسط الأكثف منطبقاً على العمود السطحى ، فهذا ينفذ فى الوسط الأخف من غير انكسار . فإذا مال الشعاع الساقط عن العمود قليلا إلى اليسار مثلا مال الشعاع المنكسر عن العمود إلى اليمين بمقدار أكبر ، بحيث يكون معامل الانكسار بين الوسطين دائما ثابتاً وتكون زاوية الانكسار فى الأخف أكبر من زاوية السقوط فى الأكثف . فإذا استمر الشعاع الساقط يبعـد عن العمود شيئاً فشيئاً استمر الشعاع المنكسر يبعد عن العمود أكثر فأكثر فى اتجاه مضاد ، هذا إلى اليمين إذا كان ذاك إلى اليسار ، حتى تصير زاوية الانكسار فى الأخف مساوية ٩٠° فى حين أن زاوية السقوط المناظرة فى الأكثف تكون لا تزال حادة . وواضح أن الانكسار فى الوسط الأخف قد بلغ الآن أقصى مداه لأن الشعاع المنكسر قد دار إلى اليمين مبتعداً عن العمود حتى صار يمس سطح انفصال الوسطين بحيث إذا استمر فى دورانه دخل فى الوسط الأكثف وصار الشعاعان كلاهما فى وسط واحد ، أى صار أحدهما ساقطاً والآخر منعكساً . وواضح أنه فى هذه الحالة لاينفذ إلى الوسط الأخف شىء من الضوء بل ينعكس الضوء كله عن سطح الانفصال

الوسط الأكثف وهذا هو الانعكاس الكلى .

وزاوية السقوط فى الوسط الأكثف التى تبلغ زاوية الانكسار عندها أقصى مداها فى الأخف يسمونها **الزاوية الحرجة** ولكن الأحسن أن تسمى **زاوية الانقلاب** أى الزاوية التى إذا تجاوزناها أقل تجاوز انقلب الشعاع المنكسر فى فى الأخف شعاعا منعكساً انعكاسا كليا فى الأكثف .

ويحسن أن نتذكر أن الانعكاس الكلى يكون دائما فى **أكثف** الوسطين ولا يمكن أن يحدث فى أخفهما .

وإذا أردت أن ترى مثلا للانعكاس الكلى فخذ كوبة فارغة واغمر أسفلها بالماء فى إناء وانظر إليها من جنب تجد جوانبها براقة كأنما هى مملوءة بالزئبق لا بالهواء . هذا ناشئ عن انعكاس الضوء كله عند سطح تلاقى الزجاج والهواء . فإذا ما وضعت فى الكوبة الماء قليلا قليلا وجدت موضع الماء من الكوبة يشف لنفوذ الضوء فيه ، ووجدت موضع البريق ينقص بنقصان الهواء ، وبدا منظر الجزء المغمور كأنه مملوء بماء يعلوه زئبق ، حتى إذا حل الماء محل الهواء كله داخل الجزء المغمور زال كل أثر للبريق وشفّت الكوبة كلها .

أمثلة للانكسار : وإذا أردت أن ترى مثلا لانكسار الضوء فخذ فنجالا فارغا وضع فيه قرشاً وارفعه إلى مستوى نظرك قليلا قليلا حتى يحتجب القرش عن بصرك . الآن والفنجالُ فى موضعه هذا منك صُب الماء فيه شيئاً فشيئاً من كوبة أو كوز ، فإن القرش بعد قليل تبدو لك حافته ثم يزداد الجزء البادى بازدياد الماء المصبوب حتى يبدو القرش كله أو جله . وتفسير ذلك أن الأشعة المنعكسة عن القرش كان لا يصل إلى العين منها شىء فى الأول فلما وضع الماء فى الفنجال مالت تلك الأشعة بالانكسار شيئاً فشيئاً نحو العين حتى أصابتها فأبصرت القرش . وإذا شئت أن تنظر إلى المسألة من الطرف الآخر فقل إن الأشعة المستقيمة التى

كانت واصلة إلى العين من قاع الفنجال لم يكن شيء منها يصيب القرش ، فلما وضع الماء انكسر بعضها نحو القرش فأصابه فأبصرته العين . والعين كما قلنا لا تستطيع تمييز الانكسار ، فيبدو لها القرش عند ملتقى امتدادات تلك الأشعة المنكسرة . لذلك يبدو القرش كأنه خرج من مكمنه وصار أقرب إلى سطح الماء . وبمثل هذا يفسر ظهور الأوانى إذا ملئت بالماء كأنها أقل عمقاً مما هى عليه فى الواقع ، وكذلك ما يبدو من قرب قاع الجداول والأنهار للواقف على الشط ، واتساعُ دائرة إبصار ما على الشط للغائص الذى يستقبل الضوء .

<u>**الموقع الظاهرى للكواكب**</u> : والهواء طبعاً يكسر الضوء حين يدخله من فراغ ماوراء الطبقة الجوية . ولما كانت الطبقة الهوائية تزداد كثافتها شيئاً فشيئاً بالاقتراب من سطح الأرض فإن الضوء يزداد انكساره نحو الأرض شيئاً فشيئاً بإيغاله فى الطبقة الهوائية . وهنا أيضاً لا تميز العين الانكسار فيبدو المضىء من كوكب أو قمر أو شمس أنه أعلى فى السماء مما هو فى الواقع لأن العين تبصره كأنه واقع على استقامة الأشعة الواصلة إليها . وتسمى الزاوية التى يكون بها الموقع الظاهرى أعلى من الموقع الحقيقى للكوكب **بالانكسار الفلكى**

هذا الانكسار الفلكى يمحى طبعاً إذا كان الكوكب فى السمت أى فوق الرأس لأن الأشعة تكون عندئذ عمودية ، فلا انكسار . فإذا مال الكوكب عن السمت اقتراباً أو ابتعاداً ازداد الانكسار الفلكى تدريجاً فى الابتعاد ونقص فى الاقتراب . أى أنه يبلغ أقصاه عند الأفق فى الشروق أو فى الغروب .

والانكسار الفلكى يتوقف بعد ارتفاع النجم على درجة حرارة الهواء وضغطه إذ هذان لهما أثرهما طبعا فى كثافته . وهناك جداول تبين متوسطات الانكسارات الفلكية ، إلا أن من الممكن أن يقال إن الانكسار الفلكى يبلغ فى المتوسط ثانية قوسية لكوكب على علو ٤٥° من الأفق ، ثم يزداد تلقاء الأفق حتى يبلغ عنده

مالا يقل عن ٣٣ ثانية ؛ وهذه أكبر من القطر الظاهرى للقمر أو الشمس . أى أن الفرق بين الموقع الظاهرى والموقع الحقيقى للقمر أو للشمس عند الأفق فى الشروق أو الغروب يزيد قليلا عن قطر الشمس أو القمر ، وهذا معناه أننا نرى الشمس والقمر قبل شروقهما الحقيقى و بعد غروبهما . فإذا بدت لنا الشمس عند الغروب كأن قرصها أخذ يتوارى وراء الأفق تكون الشمس فى الحقيقة قد تم تواريها وتم غروبها ، و إنما تظل بادية لنا فترة بعد ذلك لانكسار الأشعة المصعدة فى الجو فتصل إلى العين بواسطة فعل الغلاف الهوائى الأرضى .

السفر : والسفر يراد به بقية ضوء النهار الذى نبصر به بعد غروب الشمس وقبل هجوم الظلام . وهذا راجع كله إلى تأثير الطبقة الهوائية الجوية فهى تكسر إلى سطح الأرض ما يدخلها من أشعة الشمس بعد الغروب ، وما فيها من الغبار والبخار يشتت تلك الأشعة هنا وهنالك فيبصر الناس إلى حين حتى ينقطع الضوء الداخل جو الأرض بابتعاد الشمس بعداً كافيا عن الأفق .

ومثل السفر فى ذلك الفجرُ ثم الصباح : هما مثله فى التفسير و إن كانا عكسه فى الترتيب . أما الكواكب التى لا جو لها كالقمر فلا سفر فيها ولا فجر ولا صباح : يعمها ليلها فجأة كما يعمها نهارها فجأة ، ولا وسط بين الاثنين .

على أن أثر الهواء فى انكسار الضوء لا يقف عند هذه الظواهر الفلكية ولكن يتعداها إلى ظواهر أرضية تسترعى البصر راجعة إلى تغير كثافة الهواء بالحرارة أثناء النهار . وانفساخ الظلال أو ضعف ظلمتها راجع فى جزء مذكور منه إلى انكسار الأشعة إليها بواسطة الطبقات الهوائية المختلفة الكثافة . لذلك كانت الظلال على القمر حالكة السواد إذ لا هواء هناك .

السراب : لـكن لعل أهم ظاهرة انكسارية جوية على سطح الأرض هى السراب . إن الهواء إذا حميت الشمس وسط النهار فى الصحارى ونحوها من العراء المنبسط يسخُن و يتمدد كثيراً قرب سطح الأرض حتى يصير أخف من الطبقات التى فوقه بالتدريج . فإذا ما مرت الأشعة من شجر قائم حول ماء فى تلك الطبقات القريبة من الأرض انكسرت فيها شيئاً فشيئاً بعيداً عن مرماها من سطح الأرض ، حتى ينقلب الانكسار إلى انعكاس كلى وتنحرف الأشعة مصعدةً ، وتنكسر مرة أخرى لـكن انكسارها الآن يعين على هـذا الإصعاد . فإذا ما أصابت هذه الأشعة عين مسافر فى تلك الصحراء عجزت العين عن إدراك ما فى الأشعة من انكسار وارتسم الشجر والمـاء اللذان تنبعث منهما الأشعة فى الأصل عند ملتقى امتداد الأشعة بالأرض ، فيخيل إلى الإنسان أنه يرى ماء يترقرق قد انعكس فيه ظل الشجر فيطلبه حتى إذا خرج عن منطقة تلك الأشعة المنكسرة المنعكسة زال المنظر طبعاً ولم ير الإنسان إلا الرمال .

وهناك نوع آخر من السراب يرى فى البحر ؛ فإن الهواء فى البحر تـكون تغيرات كثافته عكس تغيرات كثافته على البر فى الصحراء ، أى تكون الطبقات الخلخلة من أعلى كما هو الطبيعى . فإذا دخلتها الأشـعة المصعدة من سفينة انـكسرت فى الطبقات العليا شيئاً فشيئاً حتى تنعكس انعكاساً كليًّا إلى عين راء بعيد فيخيل إليه أنه يرى سفينة مقلوبة فى الجو . وليس هناك خوف من انخداع الإنسان بهذا النوع من السراب إذ وجود السفينة منقلبة فى أعلى الجو غير معقول ، أما ترائى الشجر منقلباً من بعيد فمن شأنه أن يخدع الرائى لأن انقلاب الشجر قد تعود الإنسان أن يقرنه بانعكاسه عن سطح الماء .

الفصل السادس

ضوء الشمس

إن الضوء أيا كان ، من شمعة أو من سراج ، عجيبة من عجائب خلق الله . لكن أعجب الأضواء كلها ضوء الشمس ، ليس فقط فى مقداره وعظمه ولكن فى طبيعته وتركيبه . ومن ينظر إلى ضوء الشمس يحسبه بسيطاً ويسميه أبيض أو أبيض فى اصفرار قليل حسبما يبدو له . وهو بسيط فى رأى العين لأن العين لم تخلق لتحليل الضوء كما خلقت الأذن لتحليل الصوت . لكن ضوء الشمس غير بسيط فى حقيقته ، بل هو مركب من أضواء ذوات ألوان يخرج من بينها باختلاطها الموزون هذا الضوء الشمسى المعروف .

تركيبه : وأول من امتحن ضوء الشمس وحلله ثم ركبه هو نيوتن العالم الطبيعى المشهور . لكن العجيب ليس تحليل نيوتن إياه ، وإنما العجيب هو كيف تأخر هذا إلى أيام نيوتن . إن كل إنسان يعرف أن ضوء الشمس إذا مر فى الزجاج الملون خرج بلون ذلك الزجاج ، فإذا مر فى الزجاج الأحمر خرج أحمر أو فى الأصفر خرج أصفر أو فى الأخضر خرج أخضر وهلم جرا ؛ ويعرف أن هذا الضوء الخارج يمكن أن يعكس بمرآة على أى جسم أبيض من نحو سقف أو جدار فيبدو محتفظاً بلونه الذى خرج عليه من الزجاج ، أى أنه يحتفظ بلونه الأحمر أو الأصفر الخ بعد ابتعاده عن منطقة الزجاج الملون . وغير معقول أن يكون بعض المادة الملونة للزجاج قد انتقلت إلى الضوء وخرجت معه حين خرج ، فلم يبق إلا أن يكون ضوء الشمس مركباً من هذه الأضواء ذات اللون كلها ، وأن الزجاج الملون إنما

يحبس بعض هذه الأضواء و يسمح بمرور بعض . و إذا بلغ الإنسان هذا فليس بينه و بين تفسير الألوان تفسيراً صحيحاً إلا خطوة قصيرة .

لكن تركيب الضوء وتفسير الألوان لم يفهم ولم يعرف إلا بعد أن أجرى نيوتن تجاربه ، ومن عجيب أن تكون آلة نيوتن فى تحليل الضوء وتركيبه لا تزيد عن بعض تلك المنشورات الزجاجية التى ألفنا ونحن صغار رؤية أمثالها متدلية من « النجف » كما ألفنا التلاهى برؤية الأجسام من خلالها ، فكنا نعجب حين تبدو لنا ملتفة بألوان شتى من حمراء وصفراء وزرقاء إلى آخر ما كانت تبدو به ، ولم يخطر ببال أحد أن يفسر وهو كبير تلك الظاهرة التى ألفها وهو صغير . وقليل من التفكير كان يؤدى إلى اكتشاف تركيب الضوء لو أن مفكراً فكر فى هذا فإن الزجاج المصنوع من المنشور غير ملون ، وكثير من تلك الأجسام التى كانت تبدو ملتفة بالألوان غير ملونة ، فلابد أن يكون مصدر تلك الألوان هو ضوء الشمس الذى نبصر به الأجسام ، ولابد أن يكون عمل المنشور الزجاجى هو تفريق ذلك الضوء إلى عناصره من الأضواء ذات اللون . لكن العقول المشغوفة بالبحث عن حقائق الأشياء قليلة ، وأقل منها العقول القادرة على الاحتفاظ باتزانها واستقلالها أثناء البحث . ومهما يكن من ذلك فقد ادخر لنيوتن أن يكشف عن تركيب الضوء لا بأكثر من منشور من زجاج .

كان ذلك عقب انكشاف قانون انكسار الضوء على يد اسنل . أدخل نيوتن فى غرفته المغلقة حزمة من ضوء الشمس من ثقب صغير فى خشب نافذة وكانت الحزمة طبعا مستقيمة دل عليها الهباء فى الهواء وطبعت على الجدار المقابل للثقب صورة للشمس بيضاء صغيرة مستديرة . عرض نيوتن فى طريق الحزمة منشوراً من الزجاج متوقعا أن تنكسر الحزمة و يرى صورة الشمس قد تزحزحت عن مكانها من الجدار ، لكن أخذه العجب حين رأى فى مكان الدائرة الصغيرة

التى توقعها مستطيلا من الألوان طوله نحو خمسة أمثال عرضه ، فيه الألوان بعضها بجوار بعض : الأحمر فالبرتقالى فالأصفر فالأخضر فالأزرق فالنيلى فالبنفسجى . صورة الشمس هذه المستطيلة الملونة سماها نيوتن **الطيف** يريد طيف الشمس . واستنتج نيوتن فى الحال أن ضوء الشمس *مركب* من هذه الأضواء ، وأن المنشور الزجاجى يفرق بعضها عن بعض لأن قابليتها للانكسار أو بالأحرى **انكساريتها** مختلفة ، فالضوء الأحمر أقلها انكساراً والبنفسجى أكثرها انكساراً والأضواء التى بينهما انكساريتها بينَ بين ، حسب ترتيبها فى الطيف . وفصل الضوء الأبيض هكذا إلى عناصره يسمى أحيانا بالتشتت أو التشتيت لكن الأولى تسميته **بالتفريق**

لكن نيوتن لم يقتنع باستنتاجه هذا على وضوحه دون تحقيق ؛ فجاء بمنشور آخر وضمه إلى المنشور الأول ولكن على عكس وضعه ، بحيث إذا فرق الأول الضوء لمّه الثانى . يريد بذلك أن يخلط الأضواء مرة أخرى بعد تفريقها لينظر هل يرجع الضوء بعد خلطها أبيض كما كان . وقد تحقق ما توقع ، وأيد نيوتن بالتركيب ما أثبته لضوء الشمس بالتحليل . وهناك طرق أخرى لمزج ألوان الطيف كأن تمررها مثلا فى عدسة محدبة كتلك التى يتلاهى الناس بها أحياناً بتعريضها للشمس وحرق ورقة أو إشعال سيجارة بواسطتها .

وليس الزجاج هو وحده الذى يفرق الضوء إذا كان مثلا على شكل منشور بل كل مادة شفافة تفرق الضوء إلى عناصره إذا كانت على شكل مناسب منشوريٍّ أو كريٍّ . لكن تختلف قوة التفريق باختلاف معامل الانكسار للمادة : كلما كان المعامل أكبر كانت المادة أقدر على التفريق . وبريق الماس الباهر بألوانه ليس إلا نتيجة لتفريق الضوء تفريقا شديداً راجعا إلى عظم معامل الانكسار للماس ، ولانعكاس كل ضوء من تلك الأضواء انعكاسا كليا عند وجه من أوجه الشكل البلورى المقطوع إليه الماس . لكن لاحاجة بالإنسان إلى الماس ليبصر

بعض هذا البريق ، فلعلك لاحظت إذا كنت خرجت للسير فى الحقول صباحا والندى لايزال يترقرق على الأوراق أن أشعة من النور البهى تنبعث من قطرات الندى فى ضوء الشمس إذا وقفت من القطرة موقفاً خاصا . ولو لبثت برهة فى ذلك الموقف من القطرة وحركت عينك قليلا إلى اليمين أو إلى اليسار لرأيت القطرة تلمع وتتقلب فى ألوان شتى ، كلما حركت رأسك إلى موضع مناسب رأيت لوناً لم تره من قبل ، وكلها لاتخرج عن ألوان الطيف لأنها ناشئة بالفعل عن تحلل الضوء إلى ألوانه بفعل قطرات الندى . أما البريق الشديد فهو راجع إلى الانعكاس الكلى لكل ضوء من السطح الخلفى للقطرة .

قوس قزح : وقطرات الندى ليست بالطبع بِدْعا فى تأثيرها هذا فى الضوء . فكل قطرة مائية يخترقها شعاع تحلله ، و إذا اخترقها على زاوية مناسبة انعكست الأضواء التى نشأت بالتفريق انعكاسا كليا عن سطح القطرة الخلفى ، فإذا أصابت عين راء ظهر له طيف الشعاع كله أو بعضه . هذا يحدث سواء أكانت القطرة على الأرض أم فى الهواء . فإذا كان الهواء مملوءاً بالقطرات كما يحدث عند المطر ، وصادف ذلك شمسا طالعــة أو مرسلة أشعتها من فرجات السحاب ، فإن كل قطرة من قطرات المطر يصيبها شعاع من الشمس تفرقه إلى ألوانه . والإنسان لا يرى طبعا من تلك الألوان إلا ما تصــل أشعتها إلى عينه . فإذا كانت الظروف مساعدة ، وذلك يتوقف بالأخص على موقع الشمس فى السماء ، فإن القطرات الواقعة على دوائر خاصة متحدة المركز فى الجو تبدو طيوفها الجزئية للانسان . هذه الطيوف الجزئيــة تكون متجاورة متلاصقة كالقطرات التى سببتها ، وتكون على شكل قوس يقابل الدائرة التى تجمع مواقع القطرات فى الجو . هذا القوس أو الطيف الكلى للأشعة الساقطة على دائرة قطرات الماء

هو الذى يراه الناس أحيانا عند الأمطار و إذا رأوه تنادوا إليه لندرته فى هـذه البلاد وهو الذى لألوانه المتعددة يسمونه قوس قُزَح .

وألوان القوس تـكون من الأحمر إلى البنفسجى : الأحمر من أعلى والبنفسجى من أسفل . وقد تـكون كلها آتية من صف دائرىّ واحد من القطرات لـكن هذا نادر جدا ، و إنما يغلب أن يكون جزء القوس الأحمر آتيا من صف ، والبرتقالى من الصف الذى تحته ، والأصفر من الصف الذى تحته ، وهلم جرا إلى البنفسجى ، إذ الغالب جدا ألا يصل العين إلا شعاع واحد من الأشعة المتفرقة عن كل قطرة . فالأحمر لقلة انكساره يصل إلى العين من قوس القطرات العلوى ، والبنفسجى من قوس القطرات السفلى ، وما بين ذلك من الأضواء يأتى من أقواس قَطرِيّة بين بين .

والشرط الذى وجـدوا أنه لابد من توفره قبل إمكان رؤية القوس أن تـكون الشمس خلف الإنسان ، وأن تـكون الزاوية بين امتـداد الخط الوهمى الواصل من الشمس إلى مؤخرة العين — و يسمونه نصف قطر القوس — والخط الوهمى الواصل من العين إلى القوس تساوى ٣٩َ ٤٢° للجزء الأحمر و١٣َ ٤٠° للجزء البنفسجى ، أو نحو ٤١° لمتوسط القوس . أما شكل القوس الذى يرى فيتوقف على ارتفاع الشمس . فإذا كانت الشمس عند الأفق بدا القوس نصف دائرة ، و إذا كانت فوق الأفق بقليل بدا أقل من ذلك ، حتى إذا بلغ ارتفاع الشمس ٤٢° اختفى القوس . فالقوس لا يمكن رؤيتـه إذن إذا كان ارتفاع الشمس ٤٢° أو أكثر .

والقوس الذى وصفناه هو القوس الأوّلى أو الأصلى ، لـكن قد ينشأ قوس آخر أضعف منه كثيراً ناشئا عن الأشعة التى تنعكس مرتين داخل القطرة ، وهـذا يسمى قوسا ثانويا ، ويكون ترتيب ألوان الطيف فيه عكس ترتيبها

فى الأول : البنفسجى من الخارج والأحمر من الداخل .

ولستَ فى حاجة إلى أن تنتظر الظروف الملائمة لترى قوس قزح ؛ فإنك تستطيع أن ترى قوساً صناعيا مصغراً إذا سطعت الشمس على نافورة دقيقة الرشاش . فإذا مررت مثلاً بميدان الأوبرا والشمس مطلة عليه بعد الظهر ، واستدبرت الشمس واستقبلت رشاش أقرب النافورتين إلى الجنينة ، وكان الرشاش متناثراً دقيقاً ، فإنك تبصر إلى الجانب الآخر من الحوض قوساً ملوَّناً شبيهاً بقوس قزح .

الألوان : وتركُّب ضوء الشمس من عدة أضواء ذوات ألوان ليس عبثاً ؛ لأن الألوان ومباهج الحياة الناشئة عنها راجعة كلها إلى أضواء الطيف . لقد رأيت أن الزجاج الملون يخرج منه ضوء الشمس بلون الزجاج ، وليس ذلك لأن الضوء يحمل بعض صبغة الزجاج ، ولكن لأن الزجاج الملون يمتص من ضوء الشمس كل الأضواء إلا تلك التى تنفذ منه والتى لونُها نفس لونه . فالزجاج الأصفر يمتص ما عدا الأصفر من أضواء الطيف ، والأحمر يمتص ما عدا الأحمر وهلم جرا . وعامل الامتصاص هنا ليس هو الزجاج نفسه ولكن المادة الملونة له . وكذلك الحال فى كل مادة ذات لون : يرجع لونها إلى صبغة فيها تمتص من الضوء الواقع عليها ما زاد عن العناصر الضوئية المكونة للونها هى ، وهذه البقية الضوئية تنعكس إلى أعيننا فنبصر الجسم بلونه الذى يكون عليه . فانظر إلى عجيب صنع الله كيف جعل ضوء الشمس معدن الألوان كلها على اختلافها وكثرتها التى لا تكاد تُحَدّ ، وكيف خلق فى كل جسم ذى لون مادةً تستطيع أن تمتص ما عدا لونه من أضواء الطيف . أما تفسير هذا الامتصاص الموزون فأمر آخر لم يحط به العلم كلِّه إلى الآن .

فكل لون خلقه الله يمكن تركيبه من ألوان الطيف إذا أُخذت بالنسب الملائمة

إلا الأسود فإنه راجع إلى انعدام أضواء الطيف كلها : يمتص الجسم الحالك السواد الضوء كله بنسب واحدة فى حين أن الأجسام حوله تمتص منه بعضا وتترك بعضاً ، فيبدو أسود من بينها بالمفارقة . والجسم الأسود هو فى الواقع مظلم ، أو هو إذا شئت جزء من الظلمة فى وسط النور . وتوضيح ذلك كله سهل لو رمينا بالطيف الشمسى أو طيف الضوء الكهربائى الأبيض على شاشة فى غرفة مظلمة ، ومرّرنا فى أجزاء الطيف المختلفة أشرطة مختلفة الألوان . فالشريط الأحمر يبدو أحمر قانياً فى الطيف الأحمر ، ويبدو **أسود** فيما عدا الأحمر من أجزاء الطيف ؛ وكذلك الشريط الأصفر أو الأخضر أو الأزرق : كل يبدو زاهياً فى مكان لونه من الطيف ويبدو أسود حالكا فيما عداه . وهذا يوضح أولاً أن لون الأجسام راجع إلى امتصاصها ما عدا لونها من عناصر الضوء ، ويوضح ثانياً أن السواد راجع إلى امتصاص الضوء كله . فقد رأيت أن الأحمر أو الأخضر الخ يبدو أسود فى غير منطقته من الطيف ، ولو مررت بشريط أسود فى الطيف لبدا أسود فى كل موطن . فلا فرق إذن بين الأسود وغيره إلا أن الأسود يمتص جميع عناصر الضوء امتصاصاً كليًّا . أما غيره فامتصاصه الكلى يكون لبعض عناصر الضوء دون بعض .

لكن علينا أن نتذكر ما سبق التنبيه إليه من أن الضوء إذا وقع على جسم انعكس بعضه عن **سطح** الجسم وامتُص بعضه **داخل** الجسم . والأجسام السوداء لا تشذ عن هذه القاعدة إلا أن الممتص فيها كثير جدا والمنعكس عن سطحها ضئيل . فهى سوداء بالمفارقة لامتصاصها كل الضوء تقريباً على السواء ، لكن الضوء الضئيل الذى ينعكس عن سطحها هو ضوء أبيض . ولو كان سطح القمر من قطيفة سوداء لبدا لنا كما يقول الأستاذ « تندال » أبيض وإنْ أقل بياضاً منه الآن .

بقى علينا أن ننظر فى الأجسام البيضاء إلامَ يرجع لونها . إن المتبادر أنه راجع إلى انعكاس أكثر الضوء عن سطحها على السواء ، والقليل الذى يُمتص يمتص

على السواء كذلك . فهى كالسوداء لا تميز بين عناصر الضوء فيما تمتص منها وما تعكس ، إلا أن ما تعكسه أكثر جدا مما تمتصه فى حين أن السوداء تمتص أكثر جدا مما تعكس . أى أن الفرق بينهما فرق فى مقدار ما تمتص أو ما تعكس وهما فى ذلك متضادان تضاد مظهريهما ، أما الأضواء كلها فهى بعد ذلك بالنسبة لهما سواء .

هذا هو المتبادر . لكن من الجائز أن يكون هناك تفسير آخر للون الأبيض ؛ فقد وجدوا أن اللون الأبيض كما ينتج من مزج أضواء الطيف كلها بنسبها فى الطيف ينتج أيضاً من مزج **بعض** أضواء الطيف بنسب خاصة . فالضوءان الأصفر والأزرق مثلاً إذا مزجا نتج ضوء أبيض . وقد اصطلح على تسمية الألوان التى تنتج الأبيض بتمازجها ألواناً **متتامة** ؛ فالضوءان الأصفر والأزرق متتامّان ومثلهما الأحمر والأزرق المخضر ، والأخضر والأرجوانى . فمن الجائز إذن أن يظهر الجسم أبيض من غير أن يعكس كل أضواء الطيف ، إذ يكفى مثلاً أن يعكس الأصفر والأزرق معاً بنسبة خاصة ممتصا ما سواهما . ولعل الأجسام البيضاء تختلف فيما بينها من حيث ما تمتص وما تعكس و إن بدت للعين واحدة .

الألوان الأولية وغير الأولية : على أنهم وجدوا أن جميع أضواء الطيف يمكن تركيبها من غيرها ما عدا ثلاثة : الأحمر ، والأخضر ، والبنفسجى . هذه الثلاثة لا يمكن تقليدها ، أما ما عداها فيمكن تقليده . فالأصفر مثلاً ينتج من مزج الأحمر الشديد والأخضر الشديد ؛ والبرتقالى من مزج الأحمر الشديد والأخضر الضعيف ؛ والأزرق من الأخضر المشْبَع والبنفسجى المشبع ؛ والنيلى من البنفسجى المشبع والأخضر الضعيف .

إلا أنه يجب التميز هنا بين مزج الأضواء ومزج الأصباغ . فالنتائج السابقة

راجعـة إلى تجارب بأضواء الطيف ، وأضواء الطيف يمكن أن يقال إنها ألوان صافية ؛ أما الأصباغ فألوانها ليست كذلك . لا شك أن من الممكن الحصول على أصباغ ألوانها تماثل فى صفائها ألوان الطيف ، لـكن هذه تحتاج إلى عناية كبيرة وتعب فى التحضير وليست الأصباغ على العموم مثل هذه ؛ و إذن فينبغى ألا ننتظر من مزج الأصباغ نتائج كالتى حصلنا عليها من مزج الأضواء . فالأصفر والأزرق مثلاً فى الأضواء يُنتجان الأبيض لـكنهما فى الأصباغ ينتجان الأخضر . وأنت إذا رجعت إلى تركيب الأضواء المذكور آنفاً وجدت الأخضر داخلاً بنسبةٍ ما فى تركيب الأصفر والأزرق . والـكثير الغالب أن تكون نسبته فى الصبغة الصفراء أو الزرقاء أكبر مما يلزم لتكوين الأبيض إذا مُزجت الصبغتان معاً ، فتكون النتيجة أن تبقى هـذه البقية الخضراء بعد مزج الصبغتين لتتامٍّ ما عدا ذلك من عناصر لونيهما .

الفرق بين الألوان : والفرق بين الألوان المختلفة هو فرق فى طول الموجة الضوئية . إن من الواجب ألا ننسى أن اللون إحساس ، وأن شبكية العين تتأثر تأثراً مختلفاً بأضواء الطيف ، ومن اختلاف هذا التأثر ينتج الإحساس اللونى المختلف . لـكن الأضواء كلها اهتزازات أثيرية سرعتها واحدة لا تختلف فيما بينها إلا فى طول الموجة ؛ فإلى اختلاف الأضواء فى طول الموجة يرجع إذن الاختلاف فى الإحساس بها ، أى الاختلاف فى الألوان . طبعاً إن عدد الموجات التى تقع على الشبكية فى الثانية الواحدة هو فى حالة الضوء الأصغر موجةً أكبر منه فى حالة الضوء الأكبر موجة ما دامت الأضواء كلها متساوية فى السرعة ، و إلى هذا الاختلاف فى تردُّد الضوء كما يسمونه يرجع اختلاف تأثر الشبكية . لـكن اختلاف التردد هو نتيجة اختلاف طول الموجة ، و إذن فالفرق بين الألوان راجع إلى الفرق فى طول الموجة بين الأضواء .

وأضواء الطيف تصغر موجاتها من الأحمر إلى البنفسجى : أطولها موجة الأحمر ، وأصغرها البنفسجى ، والأضواء الأخَر بين بين . والكبر والصغر هنا أمر نسبي و إلا فأكبر هذه الموجات صغير جدا بالنسبة لما ألفه الانسان . فطول الموجة الحمراء حوالى ٠٠٠٧٥ر من المليمتر ، وطول الموجة البنفسجية ٠٠٠٤ر من المليمتر ، والموجات الأخر بين ذلك .

والفرق بين هذه الأطوال ضئيل فى ذاته لكنه فى نتائجه كما نعرف كبير . فأول هذه النتائج هو الإحساس بالألوان وهذا شيء خطير . لكن ليس كل الألوان التى نراها راجع إلى مواد ملونة فى الأجسام ، فهناك ألوان نألفها ليست راجعة إلى أصباغ ، مثل حمرة الشمس عند الشروق والغروب وحمرة الشفق وألوان السحاب البهية وزرقة السماء .

ألوان السحاب : فأما الألوان التى يصطبغ بها السحاب خصوصاً قرب الغروب فراجع أكثرها إلى انكسار الضوء وتفريقه . وقد عرفت أن الأحمر إن كان أطول الأضواء موجة فهو أقلها انكساراً ، وتزداد درجة الانكسار كلما صغرت الموجة حتى تبلغ الانكسارية أقصاها فى البنفسجى . فاذا اخترق الضوء السحاب قرب الغروب ، وتفرق إلى أضوائه المختلفة بفعل قُطيرات الماء ، فإن أجدر هذه الأضواء أن يصل إلى الأرض لقلة انكساره هو الأحمر فالبرتقالى فالأصفر . أما الأخضر والأزرق والبنفسجى فكبر انكسارها يذهب بها إلى أعلى فلا يصل العين عادة منها شيء إلا إذا انعكست عن سحاب آخر فيبدو لونه طبق ذلك . لذلك يرى الإنسان السحاب قرب المغرب مصطبغاً بألوان عناصرها الأحمر والبرتقالى والأصفر . أما إذا كان السحاب من العلو بحيث ينعكس عنه الضوء الأبيض إلى الأرض فإنه يرى عندئذ أبيض .

حمرة الشفق : وحمرة الشفق راجعة إلى ما رجعت إليه حمرة السحاب عند

الغروب من تفريق الضوء بقطيرات الماء الدقيقة فى الهواء وقلة انكسار الضوء الأحمر وما إليه . والفرق بين الحمرتين أن أشعة الشفق آتية من الشمس تحت الأفق ، والأخرى آتيـــة من الشمس وهى فوق الأفق . على أن الشفق قد يتلون عقب الغروب مباشرة بألوان عدة يميل بعضها إلى الخضرة و إلى البنفسجية .

هذا إذا كان فى الغرب شىء من السحاب ، أما إذا لم يكن فحمرة الشفق ترجع إلى سبب آخر متوقف لا على التفريق ولـكن على التشتيت . إن الهواء الجوى يحوى دائمـا مقداراً من الغبار المعلق والهباء الدقيق . هذا الهباء يغلب أن يكون قطر واحـدته صغيراً بالنسبة إلى طول الموجة الحمراء ، كبيراً بالنسبة لطول الموجة الزرقاء وما فوقها . فإذا مرت الأشعة فى طبقات الجو العليا بعد الغروب وصادفت هذا الهباء فإن الضوء الأحمر يمر عليه غير متأثر به كما يمر موج البحر الـكبير على الحجارة الصغيرة غير آبه بها . أما الضوء الصغير الموجة بالنسبة لأبعاد الهباء فيحدث له ما يحدث لموج المـاء إذا لاقى حجارة كبيرة نسبيا . فكما ينقسم هذا إلى مويجات تذهب هنا وهنالك ، تنقسم الموجات الخضراء والزرقاء والبنفسجية إلى مويجات تتشتت هنا وهنالك فى السماء ، وتكون النتيجة أن الضوء الشمسى يصفِّيه الهباء والغبار من الأزرق وما إليه ، فلا يصل إلى الأرض بالانكسار أو الانعكاس فى الجو إلا الأحمر وما إليه . أما الأخضر فأحياناً يختفى وأحياناً يرى كما قد تشاهد بعضه فى الشفق بعد الغروب بقليل .

حمرة الشمس فى الشروق والغروب : و إلى نفس السبب ترجع حمرة قرص الشمس عند الشروق والغروب إلا أنه لا انعكاس . فالأشعة التى تخترق الجو عندئذ تصفَّى من أكثر عناصرها الضوئية الصغيرة الموجة ، بحيث يغلب على ما يصل منها إلى الأرض ما كان نسبيا كبير الموجة الضوئية كالأحمر والبرتقالى . وتصفية الأشعة هكذا من الزرقاء والبنفسجية وما إليهما راجع أولاً إلى قلة الأشعة

الواصلة إلى سطح الأرض فى ذينك الوقتين ، وثانياً إلى عظم المسافة الهوائية التى تخترقها تلك الأشعة القليلة الشديدة الميل . وواضح أن مقدرة الغلاف الهوائى الأرضى على تشتيت الضوء الأزرق وما إليه تتناسب مع طول مسار ضوء الشمس فى الهواء ، لذلك لا تبدو الشمس حمراء فى غير طرفى النهار إلا إذا شوهدت من خلال قتام خفيف أو ضباب .

زرقة السماء : أما زرقة السماء فترجع إلى أن الضوء الأزرق والبنفسجى المتشتت بفعل الهباء ودقيق بخار الماء بالصورة السالفة يصل بعضه إلى الأرض ، وما يصل منه إلى أعلى الجو بالتشتت أو الانكسار ينعكس إلى الأرض مرة أخرى انعكاسا كليا من الطبقات الهوائية العلوية المخلخلة على نحو ما يجرى عند رؤية السراب . ونتيجة هذا وذاك أن تبدو السماء بلونها الذى تبدو به . هذا سبب زرقة السماء بالنهار وطرفى الليل ؛ أما زرقتها وسط الليل فلأضواء الكواكب دخل كبير فيها . والمسألة كلها أعقد من هذا ، لكن فيما قدمناه ما يكفى لتبسيطها وتقريبها .

الأشعة غير الإبصارية فى ضوء الشمس : لقد تكلمنا إلى الآن عن أشعة الإبصار التى لقّبناها فى بعض الفصول السالفة بالمرئية لأنها ترى بالانعكاس عن الأجسام . هذه الأشعة البصرية ليست هى كل أشعة ضوء الشمس أو غير ضوء الشمس من الأضواء الصناعية ، فهناك فى ضوء الشمس أشعة أخرى مثل الأشعة الحرارية .

الأشعة الحرارية فى ضوء الشمس : وشعورنا بالحرارة عند سقوط ضوء الشمس علينا ليس فى ذاته دليلاً على وجود أشعة حرارية خاصة فى الضوء ، إذ من المحتمل أن يكون ذلك الشعور راجعاً إلى تحول الضوء إلى حرارة ، أو إلى

الأثر الحرارى لبعض أشـعة الضوء . وقد اختبر الطيف الشمسى من الناحية الحرارية ببعض الآلات الحساسـة بالحرارة غير الترمومتر فوجد أن المنطقة البنفسجية من الطيف لا حرارة بها ، والزرقاء لا يكاد يكون بها حرارة ، ثم تزداد الحرارة شيئاً فشيئاً من الخضراء إلى الحمراء .

ولو وقف الأمر عند هذا الحد لجاز أن تـكون حرارة الشمس راجعة كلها إلى عناصر ضوئها إلا البنفسجى والأزرق . لـكنهم لما امتحنوا المنطقة **المظلمة** المجاورة للمنطقة الحمراء من الطيف ، وذلك بنفس الآلة الحرارية الحساسة ، وجدوا إحساسها بالحرارة قد زاد فجأة زيادة كبرى ، ووجدوا مقدار الحرارة قد استمر فى الازدياد بالتنقل بالآلة فى تلك المنطقة المظلمة حتى بلغ أقصاه فى مدى قصير ، ثم أخذ فى التناقص بسرعة حتى تلاشى . أى أن هناك بجوار المنطقة الضوئية فى الطيف مما يلى الأحمر منطقة مظلمة حرارية يسمونها **ما تحت الأحمر** ويسمون أشعتها **الأشعة دون الحمراء** أو **تحت الحمراء** ، فعلها الحرارى أقوى بكثير من الفعـل الحرارى المقترن بالطيف من الأخضر إلى الأحمر . وقد قاسوا الطاقة الحرارية فى منطقة ما تحت الأحمر من طيف الضوء الـكهربائى الأبيض فوجدوها نحو **ثمانية أمثال** الطاقة الحرارية فى الطيف الـكهربائى المرئى . وقد تـكون فى الطيف الشمسى مثل ذلك أو أكثر من ذلك .

وهنا يرد سؤال هو : ألا يصح أن يكون الفعل الحرارى للطيف المرئى راجع ، لا إلى فعل أشعة هذا الطيف ، ولـكن إلى فعل جزء من الطيف الحرارى المظلم امتد إلى منطقة الطيف المرئى ؟ أى إلى تراكب جزئى للطيفين المنير والمظلم ؟ هذا السؤال قد أجابت عليه تجارب الأستاذ تندال بالإيجاب وإن كان قد أجرى تجاربه على الضوء الـكهربائى الأبيض ، وهو أقرب الأضواء الصناعية إلى ضوء الشمس .

وتلخص تجارب الأستاذ تندال فى أنه مرر الضوء فى محلول من الشب ،

وجمعه بعد ذلك عند نقطة بواسطة عدسة محدبة كبيرة ، وجعل الضوء عند تلك النقطة يسطع على جدار إناء زجاجي تكاثف عليه بخار الهواء طبقة متجمدة رقيقة بفعل محلول مبرد فى داخله . و برغم تعرض هذه الطبقة الرقيقة تعرضاً كافياً لذلك الضوء المتجمع فإنه لم يَسِح منها شيء ، لأن محلول الشب قد امتص الأشعة الحرارية كلها من الضوء . فهذه تجربة دلت على أن الأشعة المنيرة نفسها ليس لها فعل حرارى .

وقد أعاد الأستاذ تندال هذه التجربة بنصها بعد أن استبدل محلول الشب بمحلول قوى من اليود فى سائل عضوى اسمه ثانى كبريتيد الكربون ، وهذا المحلول يمتص الضوء كله . فلما وضع الإناء الزجاجي فى موضعه فى التجربة الأولى ساحت الطبقة الرقيقة من الثلج فى الحال ؛ ولما استبدل به إناء آخر فيه ماء غلا الماء بعد نحو دقيقتين . فلما وضع بدل الماء ورقة بيضاء عند نقطة تجمُّع الضوء فى التجربة الأولى احترقت الورقة بعد فترة قصيرة ؛ ولما وضع بدل الورقة البيضاء ورقة سوداء اشتعلت فى الحال .

وقد أوضح تندال بهذه التجارب الجميلة : **أولا** أن الأشعة المنيرة يمكن تخليصها من أشعة الحرارة ، وعندئذ لا يكون لها أثر حرارى . **ثانيا** : أن الأثر الحرارى للضوء راجع كله إلى الأشعة المظلمة تحت الحمراء . **ثالثا** : وهو ما وضحه عرضاً ، أن الأشعة الحرارية تنكسر وتتجمع كما يتجمع الضوء .

هـذا من الناحية النظرية ، أما من الناحية العملية فى الحياة فان الطيف المرئى مقترن دائماً بجزء من الطيف الحرارى غير المرئى ، و إذن فلأشعته دائماً أثر حرارى و إن قل .

الأشعة المظلمة البنفسجية : لكن ليست الأشعة الحرارية ، أو الأشعة تحت الحمراء ، هى الأشعة المظلمة الوحيدة فى الطيف الشمسى . فهناك منطقة مظلمة

أخرى مما يلى المنطقة البنفسجية فى الطيف أثبت البحث أن فيها أشعة سميت من أجل ذلك بالأشعة فوق **البنفسجية** . لكن هذه الأشعة لم تعرف بأثرها الحرارى كما عرفت الأشعة تحت الحمراء ، وذلك لأنها كالبنفسجية ليست بذات حرارة ، وإنما عرفت بأثرها الكيمياوى . فقد وجد أن الطيف إذا امتحنت مناطقه من حيث فعلها الكيمياوى فى بعض أملاح الفضة ، فإن هذا الفعل يزداد من الطرف الأحمر الذى لا يكاد يكون له أثر إلى الطرف البنفسجى ، ويزداد كثيراً فيما وراء البنفسجى كما يزداد الفعل الحرارى كثيراً فيما وراء الأحمر ، أى أن ترتيب مناطق الطيف بفعلها الكيمياوى هو عكس ترتيبها بفعلها الحرارى .

على أن أشعة ما وراء البنفسجى التى لا ترى يمكن تحويلها إلى أشعة ترى بواسطة بعض مواد قادرة على ذلك التحويل . من هذه المواد المادة المعروفة بكبريتات الكينا أو سلفات الكينا . هذه المادة التى لا لون لها إذا وضع محلولها فى أنبوبة وعرضت الأنبوبة لأجزاء الطيف جزءاً جزءاً فإنه لا يشاهد أدنى تغيير إلا فى الجزء الأزرق والبنفسجى إذ يشعّ سطح المحلول بضوء فيه زرقة . فإذا ما وضع المحلول فى المنطقة المظلمة فوق البنفسجية ظل يشع بنفس الضوء . وقد فسر ذلك السير . ج . استوكس الذى امتحن هذه الظاهرة بأن كبريتات الكينا تمتص أشعة ما فوق البنفسجى ثم ترسل جزءاً منها مرة أخرى على صورة موجات أطول تحسها العين ، وهى فى هذه الحالة موجات الضوء الأزرق .

ومن الواجب هنا ملاحظة أن المنشور الذى يستعمل لتكوين الطيف عند إرادة امتحان منطقة ما وراء البنفسجى يجب ألا يكون من الزجاج ، لأن الزجاج يمتص كثيراً من هذه الأشعة ، وإنما يجب أن يكون من مادة أخرى لا تمتصها مثل الكُوَرْتز أو الرمل النقى إذ يُصهر ويصنع منه المنشور المطلوب .

وامتحان الطيف قد أثبت أنه كلٌّ متصل ، من تحت الأحمر إلى ما فوق

البنفسجى . وقد قيست أطوال الموجات من طرف إلى طرف فوجد أنها تزداد بالتدريج من أقل من ٠٠٠١ر من المليمتر فيما فوق البنفسجى إلى نحو ٠٦ر من المليمتر فيما تحت الأحمر . وليس للأشعة المرئية من بين هذا إلا مدى ضئيل : من ٠٠٠٤ر إلى ٠٠٠٧٥ر من المليمتر ؛ وأقصر الموجات الكهربائية التى بلغوها طولها نحو ٥ ملليمترات .

أطوال الموجات بالمليمتر

فوق البنفسجى	:	دون ٠٠٠١ر إلى ٠٠٠٤ر
البنفسجى إلى الأحمر	:	٠٠٠٤ر إلى ٠٠٠٧٥ر
تحت الأحمر	:	٠٠٠٧٥ر إلى ٠٦ر
فجوة	:	——
الموجات الكهربائية	:	نحو ٥ ملليمترات إلى آلاف الأمتار

الفلورة : وظاهرة تمديد الأشعة القصيرة وتحويلها إلى أطول منها تسمى بالفَلْوَرة . وهذا التحويل يحدث عند سطح المادة الفلورية . وتفسير هذا بسيط ما دامت الظاهرة ظاهرةَ امتصاص الأقصر ثم إشعاعه بعد تحويله إلى أطول ، لأن الطبقات السطحية كافية لامتصاص الأقصر وتطويله فلا يبقى لما تحتها ما تمتصه وتطيله .

وهناك مواد فَلْوَرية كثيرة غير كبريتات الكينا التى سبق ذكرها ، كل منها تمتص نوعاً خاصا من الموجات وترسله نوعاً آخر أطول . فالخضر الذى يسمونه الكلوروفل خطأ يمتص الضوء الأزرق و يرسله ضوءاً أحمر فتبدو المادة الخضراء حمراء فى الجزء الأزرق من الطيف ؛ وزجاج اليورنيوم يبدو أصفر فى الجزء الأخضر من الطيف .

الفسفرة : والمواد الفلورية لا تفعل فعلها إلا مدة وقوع الضوء عليها ، فإذا

حيل بينها و بين الضوء لم ترسل من الضوء شيئاً . لكن هناك مواد أخرى تمتص الضوء إذا عرضت له لكنها لا ترسل ما ترسله منه دفعة و إنما ترسله بالتدريج بحيث إذا وضعت فى ظلمة بعد ذلك دلت على نفسها بالضوء الذى يشع منها . وقد سموا هذه الظاهرة بالفَسْفَرة تشبيهاً لها بالفسفور الذى يُرى إذا اتصل بالهواء فى الظلام . لكن إشعاع الفسفور راجع إلى تفاعل كيمياوى بينه و بين أكسيجين الهواء فى حين أنه لا تفاعل مطلقاً من النوع الكيمياوى فى ظاهرة الفَسْفَرة . إنما هى ظاهرة طبيعية راجعة إلى امتصاص الضوء و إرساله مرة أخرى بالتدريج بحيث يبصَر الجسم فى الظلام بما يرسِل من الأشعة قبل أن يخرج منها كل ما امتصه. ومن هنا يرى أن الفلورة والفسفرة هما من قَبيل واحد . هما ظاهرتا امتصاص للأشعة ثم إرسال لها بعد تغيير فى طول موجاتها ، إلا أن الإرسال فى الفلورة ينتهى بانتهاء سقوط الضوء على الجسم الفَلْوَرى ، والإرسال فى الفسفرة يستمر بعد ذلك إلى أجل يتوقف على طول تعرض الجسم الفَسْفَرى للضوء .

أما المواد الفَسفرية فخير مثال لها كبريتيد الكالسيوم وكبريتيد الباريوم .

سرعة الضوء : كان ديكارت يرى ، وكان غيره يرى معه ، أن الضوء ليس له سرعة محدودة ، وأنه يصل إلينا فجأة من الشمس ومن الكواكب غير مستغرق زمناً ما . لكن أُلَف رومر الفلكى الدانمركى كان بمرصد باريس سنة ١٦٧٦ يرصد خسوف أقمار المشترى ، وأقمار المشترى يدور كل منها حوله كما يدور القمر حول الأرض . ولو كان هناك راصد على كوكب آخر يرصد الأرض وقمرها لرأى الأرض منيرة كما نرى المشترى ، ولرأى القمر يدور حولها ، ولشاهده يختفى وراءها ، ثم يظهر مرة فى كل دورة : يختفى حين يدخل مخروط ظل الأرض ، أى حين تبدأ الأرض تحجب ضوء الشمس عنه ، و يظهر حين يخرج من الظل و يتعرض مرة أخرى لضوء الشمس . كذلك يحدث لكل قمر

من أقمار المشترى : يختفى كل منها فى ظل المشترى ثم يظهر حين يخرج منه ، وذلك مرة فى كل دورة حول المشترى . وقد رصد رومر خسوف ثانى هذه الأقمار قرباً من المشترى فوجد أن الزمن الذى يمضى بين اختفاءين متتاليين ، أو بين ظهورين متتاليين ، هو بالضبط ٤٢ ساعة و ٢٨ دقيقة و ٣٥ ثانية . وكان هذا الرصد والأرض فى أقرب نقطة من فلكها إلى المشترى ، وهو من الدقة بحيث أن رومر اعتمد عليه فى حساب وقت الخسوف المتمم المائة بعد ذلك الخسوف الأول المرصود . فلما مر نحو ستة أشهر وجاء أوان الخسوف المئوى لذلك القمر ورصده رومر أخذه العجب إذ وجد أن الخسوف لم يقع فى موعده المحسوب ولكن وقع بعد موعده بخمس عشرة دقيقة ، وأن الخُلْف أخذ يزداد شيئاً فشيئاً كلما دنت الأرض فى فلكها من أبعد النقط عن المشترى ، أى من النقطة المضادة للنقطة الأولى التى كانت الأرض فيها حين حصل الرصد الأول . فقال رومر لنفسه : إن الأرض الآن بعدت عن موضعها عند رصد الخسوف الأول بقدر قطر فلكها حول الشمس تقريباً ، أى نحو ١٩٥ مليون ميل . وقد تأخر ظهور القمر ١٦,٥ دقيقة بعد ستة أشهر بالضبط من الرصد الأول ، فلابد أن يكون هذا الزمن هو زمن عبور الضوء فلك الأرض ؛ ولو كنت فى الناحية الأخرى من الفلك لظهر قمر المشترى فى موعده وما وجدت خُلْفاً ما ؛ وإذن فللضوء سرعة محدودة يمكن حسابها ، لا كما يقول ديكارت ولا كما يقول هوك . ثم عاد فقال : إذا كان استنتاجى هذا صحيحاً فإن الفترة بين ظهورين متتاليين للقمر ستقصر شيئاً فشيئاً حتى تبلغ طولها الأول إذا بلغت الأرض موضعها الأول فى دورتها حول الشمس . وأخذ رومر يرصد قمر المشترى فوجد الفترة أخذت تقصر بالفعل ، ووجدها لما آن الأوان بعد نحو ستة أشهر أخرى قد عادت ٤٢ ساعة و ٢٨ دقيقة و ٣٥ ثانية .

وقد حسب رومر سرعة الضوء على هذا الأساس فوجدها نحو ١٩٢٠٠٠ ميل في الثانية لخطأ في حساب قطر فلك الأرض إذ ذاك ، فلما صُحح هذا الخطأ بعدُ وأعيد حساب السرعة كانت ١٨٧٠٠٠ ميل ، أى نحو ٣٠١٠٠٠ كيلو متر فى الثانية . ومع وجاهة الأسباب التى بنى عليها رومر حسابه ، فقد ظل ديكارت ومن لف لِفّه على رأيهم حتى جاء بِرَدْلى الفلكى الانجليزى فاستنتج نفس السرعة الضوئية عن طريقٍ فلكى آخر لا محل لشرحه ، ثم زال كل شك لما استطاع فيزو أن يتوصل إلى طريقة لقياس سرعة الضوء عبْر باريس ، واستطاع فوكو بعده أن يبتدع طريقة أدق قاس بها سرعة الضوء من غير أن يغادر غرفته . ومتوسط نتائج هذه الطرق كلها أن سرعة الضوء ١٨٦٠٠٠ ميل فى الثانية أو ٣٠٠٠٠٠ كيلو متر فى الثانية . وهى سرعة كما ترى يذهل أمامها العقل ، وهى أكبر سرعة معروفة للانسان ، تحقر بجانبها سرعة الصوت البالغة نحو ⅕ ميل فى الثانية . وعظم الفرق بينهما هو السر فى الزمن الذى يمر بين رؤية البرق وسماع الرعد الذى نشأ عنه . ومن الممكن حساب العلو الذى حصل عنده التفريغ الكهربائى فى السحاب بضرب هذا الزمن فى سرعة الصوت فى الهواء .

طبيعة الضوء : قد رأيت قبل أنه كان هناك نظريتان فى طبيعة الضوء ، إحداهما تقول بأنه جسيمات غاية فى الدقة تامة المرونة ، والأخرى تقول إنه موجات مستعرضة بالغة الصغر تقوم بالأثير . وليس هناك شك فى خطأ الأولى لأنها أدت إلى نتيجة أثبت الاختبار عكسها . أما الثانية فقد فسرت كل خواص الضوء التى كانت معروفة عند ظهورها ، وتنبأت بكثير مما لم يكن معروفا ثم تحقق بعد بالاختبار . وكان من ضمن تنبؤاتها أن النسبة بين سرعتى الضوء فى وسطين شفافين هى **عكس** النسبة بين معاملى انكسار الضوء فى ذينك الوسطين ، فى حين أن النظرية الجسيمية أدت إلى أن النسبة بين السرعتين تساوى النسبة بين

المعاملين ، وقد صدّق الاختبار النظريةَ الموجيةفي هذا وكذب النظرية الجسيمية .

هذه النبوءة على أهميتها لا غرابة فيها ، لكن هناك نبوءة أخرى غريبة للنظرية الموجية حققها الاختبار كذلك . إن الموجات قد يبطل بعضها بعضاً إذا اجتمعت . فإذا صادف فى موج مثل موج الماء أن نَجْد موجة قابله وَهْد أخرى تساويها بطلت الموجتان وسكن الماء . هذا فى عرف الطبيعيين اسمه **التداخل** ، وتستطيع أن تشاهد تداخل الأمواج إذا وقفت على شاطىء البحر ورأيت أثر اجتماع الموجة الهاجمة بالموجة التى قبلها بعد انعكاسها عن الساحل أو عن الرصيف . فإذا كان الضوء موجات جاز أن تتداخل موجاته وأن يبطل بعضها بعضاً إذا اجتمعت على وجه خاص نَجْدًا لوَهْد ، ويكون نتيجة اجتماع ضوءين فى هذه الحالة ليس زيادة النور ولكن إنقاصه أو إبطاله ، أى جاز أن تنشأ ظلمة من اجتماع ضوءين . أليست هذه نتيجة غريبة ؟ ولكن فِرِسْنِل استطاع تحقيقها بأن عكس شعاعين من الضوء على موضع واحد من حجاب أبيض بواسطة مرآتين متجاورتين على استقامة واحدة تقريباً فوجد أن مجمع الضوءين على الحجاب فيه حُزْمات من النور متراوحة مع حزمات من الظلمة : حزمة نور تليها حزمة ظلمة وهكذا . إلا أنه وجد أن حزم النور كانت ملونة ومنتشرة قليلاً فى حزم الظلمة لاختلاف مواضع الحزم الناتجة من تداخل أمواج كل ضوء من الأضواء الداخلة فى تركيب الضوء الأبيض الذى أجرى عليه التجربة . فلما أعاد إجراءها بضوء بسيط مثل الضوء الأحمر وجد التراوح بين حزم النور وحزم الظلمة ظاهراً لا شك ولا اختلاط فيه .

مثل هذه النتائج لا تدع مجالاً للشك فى موجية الضوء . لكن هناك مع ذلك نقطة واحدة هى موضع الضعف من النظرية الموجية ، ألا وهى اضطرارها إلى القول بوجود حامل للضوء يشبه المادة فى خواصه ولكن ليس كشىء من المواد المعروفة ، وهو الذى سموه بالأثير .

إن الأثير لم يره أحد ، ولا يمكن أن يراه أو يحسه أحد بوجه من الوجوه ، وإنما استنتجت خواصه من خواص الضوء . فهو ألطف كثيراً من أى مادة معروفة ؛ وما دام هو ناقل الضوء ، والضوء يمر من مثل الزجاج من المواد الشفافة فلا بد أن يكون الأثير منبثا بين جزيئات الزجاج كانبثاث الهواء بين أوراق الشجر . وإذا كان للطافته يتخلل الزجاج فهو إذن يتخلل كل مادة معروفة ، وهذا هو السر فى أنه لا يحبس ولا يحس . وهناك أسباب تدل على أن أمواج الضوء فى الأثير هى مثل أمواج الماء فى الماء . وإذا وضعت قطعة من الخشب على ماء فى حوض ، وأحدثت فى الماء موجات ، فإنك تشاهد الخشبة تعلو وتهبط من غير أن تزايل موضعها حين تمر بها الموجات من طرف الحوض إلى طرف . هذا معناه أن الماء يتحرك فى اتجاه رأسى حين تسير الموجة فى اتجاه أفقى . وهذا النوع من الموجات التى يكون اتجاه حركة الوسط فيها عموديا على اتجاه حركة الموجة يسمى بالموج المستعرض . أما إذا كان اتجاه الحركتين على خط واحد ، كما هو حال الموجات الصوتية فى الهواء ، فإن الموج يسمى بالموج الطولى . فالضوء إذن موجات مستعرضة فى الأثير . ولما كانت تلك الموجات صغيرة الطول جدا ومع ذلك تنتقل فى الأثير ، فلا بد أن يكون الأثير خالياً من المسام لأن المسام تحول دون انتقال الموجات المستعرضة الصغيرة جدا فى الطول . وهذا وجه آخر من أوجه مخالفة الأثير للمادة المعروفة .

كل هذا ليس فيه كبير غرابة . لكن تعال الآن وتأمل ما يأتى : إن القواعد الرياضية تدل على أن سرعة الموجات فى أى وسط تساوى الجذر التربيعى للنسبة بين المرونة الخاصة للوسط وبين كثافة الوسط . وسرعة الضوء فى أى وسط مادى معروف أكبر كثيراً من الجذر التربيعى لنسبة أى مرونة له إلى كثافته ، وهذا برهان آخر على أن الضوء لا ينتقل فى المادة المعروفة ، من زجاج أو غيره ، بفعل جزيئاته

تلك المـادة . إذن فسرعة الضوء التى عرفناها ، إذا كان الأثير يشبه المـادة فى هذه الناحية ، تمثل الجذر التربيعى لنسبة مرونة الأثير إلى كثافته . وهذا معناه أن كثافة الأثير مهما صغرت يجب أن تكون ذات مقدار محدود ، و إلا لما كانت سرعة الضوء فيه محدودة ولكانت لا نهائية كما كان يظن ديكارت . وقد قدرها اللورد كِلْفِن بنحو ٥ × ١٠ أسّ —١٨ ، وتكون مرونة الأثير المستنتجة على هذا الأساس من سرعة الضوء نحو ١٨٠ ، وهى أشبه بمرونة الماء . فكأن الأثير يشبه الجوامد من ناحية ، و يشبه الموائع من ناحية ، ومع ذلك فالكواكب كلها تتحرك فيه بسرعاتها العظيمة من غير أن تلقى منه مقاومة ! هذا هو موضع الضعف فى فكرة الأثير ، وهو موضع الضعف فى النظرية الموجية المضطرة إلى القول بالأثير ، مع ارتفاع كل شك فى موجية الضوء .

إن الإنسان و إن علم كثيراً لا يزال يجهل كثيراً . ولعل خير ما يمكن أن يقال فى هذا الصدد إن هناك بين السماء والأرض شئ ينقل الموجات الضوئية لا يدرى ما هو ، و إن من الخطأ قياسه على المادة المعروفة . (وتبارك الذى له ملك السموات والأرض وما بينهما وعنده علم الساعة و إليه ترجعون) .

الفصل السابع

الآثار الكيمياوية للضوء

قد عرفت أن الضوء يكون دائما مصحوبا بأشعة حرارية هي أشعة ماتحت الأحمر ، و بخار الماء في الهواء يمتص بعضها كما أن الزجاج يمتص كثيراً منها . كذلك الضوء يكون مصحوبا بأشعة غير حرارية ولا بصرية هي الأشعة فوق البنفسجية ، وهذه تمتاز على الأخص بتأيينها الهواء وقتلها الجراثيم وهذا أثر من فعلها الكيمياوي . أما الأشعة البصرية نفسها فهي من حيث الفعل الحراري والفعل الكيمياوي بين بين حسبما سبق شرحه .

<u>**الفعل الكيمياوي للضوء**</u> : هذا راجع على العموم إلى الأشعة فوق البنفسجية وطرف الطيف المجاور لها ، و إن كان لكل جزء من الطيف أثره الكيمياوي حتى للجزء الأحمر في بعض الأحوال .

ومظاهر الفعل الكيمياوي الضوئي متعددة يلحظ الإنسان منها تغير البشرة بالتعرض للشمس ، وانحلال الأصباغ في الأقمشة بطول التعرض للشمس كذلك ؛ ولذا كان من أول الاختبارات التي تجرى عند اكتشاف صبغة جديدة أن تعرض قطعة من قماش مصبوغة بها مدة كافية لضوء كثير الأشعة فوق البنفسجية مثل ضوء مصباح الزئبق ، فإن لم يتغير لون القماش كانت الصبغة ثابتة في ضوء الشمس و إلا كانت غير ثابتة ، و إن اختلفت الأصباغ في قلة الثبوت .

ومن الآثار الكيمياوية للبنفسجية وما فوقها قتلها الجراثيم أينما وصل الضوء ، وهذا هو السر في إمكان المعيشة بالقرى مع ما هو معروف من قلة الأخذ فيها

بالوسائل الصحية . فأشعة الشمس تطهر ما تسطع فيه أو عليه من الحارات والأزقة والسطوح والأحواش والحجرات ، كما تطهر إلى حد كبير ما تصل إليه من جداول الماء والترع والبرك والمستنقعات . ولذا كان من الخطأ الحيلولة بين ضوء الشمس و بين الغرف باغلاق منافذها مطلقاً ، فإن الزجاج كما علمت يمتص كثيرا من الأشعة فوق البنفسجية .

و إلى هذا الفعل الكيمياوى الضوئى ترجع تلك الظاهرة المرَضية المعروفة بضربة الشمس التى تصيب من يطيل تعريض دماغه وقفاه للشمس . وتعوُّد تعريض الرأس إلى حد ما للشمس ضرورى ، فإن الجسم يستطيع إلى حد محدود التكيف بما يدفع عنه غائلة تلك الأشعة ، ومن حرم نفسه هذا التكيف كان أكثر تأثرا بتلك الأشعة عند التعرض ، فيكفى فى إصابته ما لا يكفى فى إصابة المتعود .

التصوير الشمسى : وقد استطاع الإنسان أن ينتفع بالفعل الكيمياوى للضوء فى التصوير الشمسى . والتصوير الشمسى راجع فى صميمه إلى حقيقتين اثنتين : الأولى الفعل الكيمياوى للضوء فى بعض أملاح الفضة ، وهذا الفعل يتناسب مع شدة الضوء وطول التعرض له ، ومن آثاره إمكان تحويل ما تأثر بالضوء إلى فضة راسبة بمعالجته ببعض المحاليل الكيمياوية . الثانية أن مذيبات هذه الأملاح قبل التعرض لا تذيب ما تغير منها بالتعرض والمعالجة .

واللوح الفتوغرافى أو اللوح الشمسى هو عبارة عن لوح زجاجي مغطى بطبقة جلاتينية من ملح فضي مناسب مثل بروميد الفضة . والمقصود بالذات من هذه الطبقة هو بروميد الفضة ، أما الجلاتين فواسطة لطلى اللوح بالبروميد .

هذا اللوح إذا وقع عليه خيال ضوئى حقيقى للجسم المراد تصويره تأثر بروميد الفضة فى المساحة الواقع عليها ضوء الخيال بنسبة ما فى أجزاء الخيال من الضوء . فالحواجب وشعر الرأس مثلا إذا كانت سوداء لا تكاد تعكس من الضوء شيئاً

فى حين أن بقية الوجه الأبيض يعكس كثيراً من الضوء ، فيتغير بروميد الفضة حيث وقع الضوء الآتى من الوجه فى حين أنه لا يتغير حيث وقعت صورة الحواجب وشعر الرأس ، وهلم جرا فى بقية أجزاء الصورة . فبعد انتهاء التعريض يكون مكان الخيال من اللوح قد تأثر تأثراً مختلفاً حسب شدة الضوء الذى كان واقعاً عليه ، لكن العين لا تدرك من هذا التأثر شيئاً ويقال للصورة عندئذ إنها **كامنة** . أما بقيـة اللوح فيبقى كما هو إذ لم يقع عليه ضوء . وينبغى طبعاً أن يحافظ على اللوح قبل أخذ الصورة وبعده فلا يقع عليه ضوء إلا الضوء الأحمر الذى ليس له أثر كيمياوى .

فإذا أخذ هـذا اللوح إلى غرفة مظلمة إلا من الضوء الأحمر ، ونُقِـع فى محلول خاص يرسِّب الفضة فى المواطن التى تأثرت بالضوء ، ظهرت الصورة . وهذه العملية تعرف **بالتحميض** . لكن الصورة تظل عرضة للانطماس بالضوء إذا لم يُزَل بروميد الفضة من بقية اللوح . لذلك يغسل اللوح جيدا بالماء بعـد التحميض وينقع فى محلول آخر يذيب بروميد الفضة ولا يذيب الفضة ، فيبقى فى اللوح صورة ضدّية للجسم ؛ ويراد بضدية أن الأسود فى الجسم يبدو فيها أبيض والأبيض يبدو فيها أسود ؛ فوضع الحواجب مثلا لم يتغير فيذوب ويبقى مكانه شفافا فى حين أن موضع بقية الوجه قد تغير كثيراً فلم يذب منه إلا القليل فيبقى معتما أو أسود للفضة الراسبة فيـه . وعملية تذويب ما لم يتغـير بالضوء من مادة اللوح تسمى عملية **التثبيت** ، لأن الصورة بعـدها تصير ثابتة لا تتغير بالضوء . والصورة الضدية الباقية تسمى بالصورة السالبة أو السالبة اختصاراً .

هذه الزجاجة السالبة إذا وضعت فى إطار خشبى ووضع وراءها ورق شمسى حساس بالضوء أى مغطى ببروميد الفضة مثلا وعرضت للضوء زمناً مناسباً تأثر البروميد فى الورقة عكس تأثره فى اللوح إذ الأجزاء الشفافة التى كانت سوداء

فى المرئى ستنفذ من الضوء أكثر مما تُنفذ الأجزاء غير الشفافة التى كانت بيضاء فى الأصل ، فتتأثر الورقة الشمسية عند الطبع بعكس تأثر اللوح الشمسى عند التصوير إلا أن الصورة هنا تكون ظاهرة . فإذا عولجت الورقة بعد ذلك بما عولج به اللوح بعد التحميض ثبتت فى الورقة صورة موجبة كل جزء فيها يقابل من حيث السواد والبياض نظيره فى الجسم المصوَّر ، فإذا غسلت بالماء وجففت كانت هى الصورة الشمسية النهائية التى يعطيكها المصوِّر .

أما تكوّن الصورة ، أو بالأحرى تكون الخيال على اللوح ، فيرجع إلى فعل عدسة تكون فى مقدمة حجرة المصوِّرة ، فتجمع الأشعة من الجسم المراد تصويره فتلقيها خيالا حقيقيا على اللوح الضوئى الذى يوضع فى مؤخرة الحجرة بعد ضبط المسافات والتأكد من أن الخيال سيتكون حيث يوضع اللوح .

السيما أو الخيالة : والسيما متوقفة على أخذ صور متعددة للجسم المتحرك فى أوضاعه المختلفة أثناء حركته ، وهذه الصور تؤخذ على شريط ضوئى بدلا من اللوح ، وتظهر فى الشريط بالتحميض وتُثبَّت ، كما تظهر وتثبت فى اللوح . ثم يطبع من الشريط السالب أشرطة أخرى موجبة كما تطبع الصورة من اللوح على الورقة الضوئية ، وتثبت عليه كما تثبت عليها خطوة بخطوة . فإذا أخذ هذا الشريط الموجب وعُرض بواسطة آلة تحركه جزءا جزءا أمام ضوء قوى محصور فإن الضوء ينفذ من الشريط على درجات من الشدة تناسب نصيب أجزاء الشريط وصوره من الشفافية . فإذا وقع هذا الضوء النافذ على سطح مستو أبيض انطرح لكل صورة فى الشريط صورة تماثلها على السطح . ولما كانت كل حركة من حركات الجسم المصوَّر تمثلها فى الشريط عدة صور كل صورة منها تمثل الجسم فى وضع أثناء الحركة ، فان الصور المطروحة إذا تتابعت أمام البصر بسرعة مناسبة

مثّلت الجسم الأصلى فى حركاته ، فبدا خياله من حيث الحركة كما كان يبدو الجسم المتحرك للانسان لو أنه رآه .

تلك بعض استخدامات الإنسان للفعل الكيمياوى للضوء ، لكن أكبر فعل كيمياوى للضوء فيما يعلم الإنسان هو أثره فى حياة النبات المعروفُ بالتمثيل الكلوروفلى أو التمثيل الخَضِرى كما ينبغى أن يسمى :

التمثيل الخضرى : لقد عرفت قبل أن النبات يتغذى بمواد بسيطة من الهواء ومن الأرض ، فمن الهواء يأخذ الأكسيجين وثانى أكسيد الكربون وأحياناً الأزوت ، ومن الأرض يأخذ الماء وبعض الأملاح خصوصاً الأزوتات . والخلايا النبات كلها دخل طبعاً فى كل هذا لكن محور هذا التغذى ، وهو تمثيل ثانى أكسيد الكربون ، لايحدث إلا فى الأجزاء الخضراء من النبات سواء كانت الخضرة فى الساق أو الفروع أو الأوراق . لكن ما يحدث فى غير الأوراق ضئيل بالنسبة لما يحدث فى الأوراق لكثرتها ورقّتها واتساع سطحها ، وإذن فمن الممكن أن يقال إن حياة النبات وحياة الحيوان المرتبطة بحياة النبات متوقفة كلها على تمثيل ثانى أكسيد الكربون فى الأوراق الخضراء .

إن النبات يبدأ حياته فى الغالب بذرة أو نواة توضع فى الأرض وتسقى بالماء فتنبت أى تنفلق ويخرج منها جذير يمتد إلى أسفل وسويق يمتد إلى أعلى تنشق عنه الأرض حاملا وريقتين خضراوين . هـذا هو الدور الأول من حياة النبات ويصح أن يسمى بدور الإنبات : لا تأخذ فيه الحبة أو النواة من الخارج إلا الماء والأكسيجين ، أما ما عدا ذلك من الغذاء اللازم لتكوين الجذير والسويق والوريقتين فيستمد مما أودع الله الحب والنوى من مواد عضوية كالنشا قدرها الله بحيث تكفى لتكوين تلك الأعضاء . وعلى الجذير والوريقتين يتوقف

تغذى النبات بعـد ذلك ، فالجذير يمتص المـاء وما فيه من أملاح ذائبة من الأرض ، والوريقات الخضراء تعمل عملين :

الأول : تمتص الأكسيجين من الهواء لإحراق الغذاء داخل خلايا النبات حرقا بطيئاً ، وتطرد أكثر فضلات التغذى من ثانى أكسيد الـكربون وبخار المـاء . هذه العملية عملية تنفسية وتجرى ليلا ونهاراً ، وهى وإن كانت غـير مقصورة على الورق إلا أنها فى الورق أفعل وأكثر .

الثانى : تمتص ثانى أكسيد الـكربون من الهواء فيتغير داخلها تغيراً كيمياويا باتحاده مع المـاء بواسطة الخضر اتحاداً ينشأ عنه من ناحية مواد غذائية للنبات ، مثل السكرات والنشا ، تدور بصورة ما فى العصارة النباتية على الخلايا لتمثلها مع ما يكون فى العصارة من أملاح ؛ وينشأ عنها من ناحية أخرى أكسيجين بقدر ما كان فى ثانى أكسيد الـكربون ، وهذا هو المقصود من قولهم إن النبات فى التمثيل الخضرى يحلل ثانى أكسيد الـكربون فيأخـذ الـكربون ويطرد الأكسيجين . الواقع أنه لا يحلله ابتداء ولـكن يركبه مع المـاء تركيباً تنتج عنه مواد عضوية وأكسيجين بقدر ما كان فى ثانى أكسيد الـكربون . وهذا هو التمثيل الخضرى .

فمن هذا ترى أن جميع النباتات من شجر وزرع بعد دور الإنبات إنما يخلقها الله من بين الوريقات الخضراء والجذير : الجذير **يمتص** المـاء والأملاح والوريقات **تمتص** الأكسيجين وثانى أكسيد الـكربون **وتهضم** ذلك كله ، أى تحوله إلى مواد معقدة نسبيا إلا أنها صالحة لتمثيل خلايا النبات إياها وتحويلها إلى الأجزاء النباتية التى يقتضيها نمو الجذير إلى جـذر ، والسويق إلى ساق ، والوريقات إلى أوراق كثيرة ، ثم إذا جاء دور الإثمـار إلى أزهار وحب وثمـار .

لـكن هذا التركيب والنمو والبناء عمل عظيم لابد لإتمامه من طاقة ، فمن أين

يأتى النبات بالطاقة اللازمة ؟ هو لا يأخذها من الغذاء كما يفعل الحيوان ولكن الله سبحانه يرسلها له مسخرة فى ضوء الشمس : يقع الضوء على المادة الخضراء فتمتص بعضه تستعين بطاقته على تمثيل ثانى أكسيد الكربون والماء ، أى أنها تحول ما تمتصه إلى طاقة كيمياوية كامنة فى نواتج التمثيل الخضرى التى يتغذى بها النبات بعدُ كما يتغذى الحيوان بنواتج هضم طعامه . لذلك كان التمثيل الخضرى لا يجرى إلا نهاراً فى حين أن التنفس يجرى نهاراً وليلا ، وكان التمثيل الخضرى أقوى كثيراً فى الشمس منه فى الظل . على أن للتمثيل الخضرى فى الضوء حد أقصى يقف عنده قلما يبلغه النبات ولو فى الشمس لأنه متوقف أيضاً على مقدار ثانى أكسيد الكربون فى الهواء ، وهذا بالطبع ينقص بالتمثيل .
فالتمثيل الخضرى يتوقف بعد المادة الخضراء على ثلاثة أشياء : الضوء من ناحية ، وثانى أكسيد الكربون والماء من ناحية أخرى .

١ — **الضوء** : وأنت من غير شك تنتظر أن يكون أفعل أجزاء الضوء فى التمثيل الخضرى هو البنفسجى وما فوقه ، لكن الأشعة البنفسجية وما فوقها ، التى هى أفعل أجزاء الضوء فى التصوير الشمسى وفى قتل الجراثيم ومسخ الأصباغ ، ليس لها فى التمثيل الخضرى إلا نصيب ضئيل . أما أفعل أجزاء الضوء فى التمثيل الخضرى فهو **الضوء الأصفر** .

٢ — **ثانى أكسيد الكربون** : ونسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء ضئيلة متغيرة حسب الأمكنة والفصول . فقريباً من وجه الأرض مثلاً تبلغ نسبته بالحجم ١٢ إلى ١٣ فى كل ١٠٠٠٠ ، وفى يوليه مثلاً تبلغ نسبته ٢,٧ إلى ٢,٩ ، وفى الشتاء ٣ إلى ٣,٦ فى كل ١٠٠٠٠ ؛ والنسبة طبعاً تزداد حيث يكثر الاحتراق أو التعفن والتخمر ، لكن الرياح وانتشار الغازات كفيلان بمزج الهواء وتوزيع أجزائه على السواء . ومتوسط نسبة ثانى أكسيد الكربون فى الهواء هى بالحجم نحو

٣,٣ إلى ٣,٥ فى كل ١٠٠٠٠ حجم من الهواء . هذه نسبة ضئيلة لـكنها تقابل فى مجموع الهواء الجوى مقداراً هائلاً من ثانى أكسـيد الـكربون قدروه بنحو ٢١٠٠ بليون كيلو جرام تحتوى على نحو ٥٦٠ بليون كيلو من الـكربون كلها مسخرة للنبات بالعوامل الدائبة على نشر الغاز فى الهواء .

على أن هـذا المقدار الهائل لا يكفى حياة النباتات الأرضية إلا نحو ثلاثين عاماً . إن سرعة التمثيل الخضرى تختلف طبعاً باختلاف النبات واختلاف الظروف ، لـكنهم قدروا أن **المتر المربع** من الورق الأخضر فى الظروف المسعدة يُنتج بالتمثيل الخضرى من نصف جرام إلى جرام من المواد العضـوية **الجافة فى الساعة** . فتصور المساحات الهائلة للورق الأخضر فى أشجار الأرض وزروعها ، وساعاتِ عملها فى فصول نشاطها فى العام ، تدرك هول مقدار المواد العضوية التى يخلقها الله بالتمثيل الخضرى **فى درجة الحرارة العادية** كل عام . صحيح أن هذه المواد داخل فى عناصرها الأكسيجين والإدروجين وما إليهما بجانب الـكربون ، لـكن مقدار الـكربون اللازم لهذا المحصول قد قدروه بنحو ١٤ إلى ٢٢ بليون كيلو جرام آتية من نحو ٥٠ إلى ٨٠ بليون كيلو من ثانى أكسيد الـكربون . فلو لم يتجدد ثانى أكسيد الـكربون فى الهواء بعمليات التنفس والتعفن والاحتراق لوقفت حياة النبات فى نحو ثلث قرن ، ووقفت بوقوفها كل حياة .

فانظر إلى عجيب صنع الله كيف جعل الموت ضروريا للحياة ، وكيف خلق الحياة من نواتج التعفن والتحلل بعد الموت . إن الله يخلق الأحياء من عناصر قليلة لـكن هذه العناصر محدودة المقدار فى الأرض ، يكفى أن يستنفد عنصر واحد منها فى جيل أو أجيال قليلة لتقف الحياة قاطبة على وجه الأرض . فلم يكن بد لوجود مطلق الحياة على سطح الأرض من تعاقب الحياة والموت جيلا بعد جيل فى النبات والحيوان ، لتتجدد بموت جيـلٍ المـادةُ التى يخلق الله منها الجيل الذى

بعده . **فالأكسجين** يستنفده الأحياء من الهواء ، فإذا ماتوا وتحولوا بالتعفن إلى ثانى أكسيد الكربون رده الله إلى الهواء مرة أخرى بفعل التمثيل الخضرى . **والكربون** يستنفده النبات من ثانى أكسيده من الجو ، ويتغذى الحيوان بالنبات ، ثم يموت النبات فيحرق أو يتعفن ويتحول إلى ثانى أكسيد الكربون فيما يتحول إليه ؛ ويموت الحيوان فيدفن ويتعفن ويتحول إلى ثانى أكسيد الكربون فيما يتحول إليه ؛ ويصعد ثانى أكسيد الكربون فى الحالين إلى الجو فيتغذى به النبات مرة أخرى بواسطة التمثيل الخضرى ، وهكذا دواليك . **والأزوت** يأخذه النبات من أزوتات الأرض وأحياناً من أزوت الجو فيحوله إلى جزء منه ؛ ويتغذى الحيوان بالنبات ، وتتحلل فضلاتهما وأجسامهما فى الأرض بعد الموت وتتحول إلى رماد أو تراب أو أزوت يصعد فى الجو ، وفى الحالين يتغذى النبات بأزوت التراب أو الجو مرة أخرى ، وهكذا دواليك . طبعاً هذه الدورات دائبة متدرجة لا يحس الجيل الحى فيها بفتور أو انقطاع لدوام تجدد كل عنصر من تلك العناصر : كلما استُنفد منه جزء فى حلقة من حلقات الدورة تجدد بدله جزء فى حلقة أخرى . وقد وازن الله سبحانه بين قوى الاستهلاك وقوى التجديد حتى ليبدو كل عنصر أنه ثابت المقدار ، وهذا هو سر خفاء تلك الدورات عن ملاحظة الإنسان فلم ينتبه إليها ولم يفقه ما فقهه منها إلا بعد أن أوتى حظا من العلم فى هذا العصر الحديث .

تلك أمثلة من دورة المادة فى حياة النبات والحيوان ، أو بين الحياة والموت . وللتمثيل الخضرى أثر عظيم فيها . أما الطاقة التى تقوم عليها حياة الكائن الحى كما تقوم على المادة فليس لها دورة ، أو ليس يعرف الإنسان لها دورة . إنما الطاقة على سطح الأرض مستمدة كلها من الشمس ، وللتمثيل الخضرى فى ذلك أعظم الأثر . إن الإنسان والحيوان ينتفع طبعاً بما يصله من

حرارة الشمس وضوئها المباشر ، وكذلك النبات ينتفع باعتدال حرارة الجو حوله ، لكن هذا على عظمه لا يكاد يذكر بجانب انتفاع النبات بما يمتص ويختزنه من ضوء الشمس ، أو بجانب انتفاع الحيوان بالطاقة المخزونة فى النبات . فالطاقة التى يختزنها النبات من الشمس هى جزء من صميم كيانه كالمادة التى يأخذها من الهواء أو من الأرض . والإنسان والحيوان يستمد مادته وطاقته من النبات ، فهو حين يتغذى بالنبات ليس يأخذ مادة للنمو فقط ولكن يأخذ طاقة للعمل . وكل طاقة له خارجية مردها فى النهاية إلى النبات ، ومصدرها الأول هو الشمس . فالنار التى يستدفئ بها الإنسان أو التى يستوقدها فى قطاراته أو سفنه البخارية أو آلاته الصناعية كلها نباتى الأصل ، سواء أكانت نار خشب أم نار فحم أم نار زيت أم نار كحول أم نار بنزين ، حتى نار البترول الذى يختلفون فى مصدره أحيوانى هو أم نباتى أم معدنى مردها أيضاً إلى النبات فى النهاية .

فعلى النبات مدار حياة الحيوان وحياة الإنسان ، لا من حيث المادة فحسب ولكن من حيث الطاقة التى هى بالفعل وبالحرف أهم من المادة . ومدار النبات فى مادته وطاقته على التمثيل الخضرى المتوقف على الضوء من ناحية ، وعلى نواتج التحلل والتعفن والاحتراق من ناحية أخرى .

بعض الآيات القرآنية المتصلة بهذا الموضوع : وأظنك قياساً على ما ذكرنا لك من الآيات القرآنية الواردة فى مواضيع أخرى تنتظر أن تكون الآيات الواردة فى هذا الموضوع كثيرة . وإنها لكذلك بالفعل : بعضها مجمل وبعضها أكثر تفصيلا ، وكلها تتعلق بحياة النبات وحياة الحيوان والتدليل بعجائبهما على قدرة الله سبحانه وعظمته ووحدانيته . وإنك تستطيع فى نور ما قدمنا لك أن تفهم من معنى تلك الآيات مالم تكن لتستطيع أن تفهمه من قبل . تستطيع فى نور ما ذكرناه لك عن الإنبات أن تكون أفهمَ لمعنى قوله تعالى : (ألم تر أن

الله أنزل من السماء ماء فتصبح الأرض مخضرة ؟ إن الله لطيف خبير) ؛ وفى نور ماذكرناه عن تعلق حياة الإنسان بحياة النبات أن تكون أفهم لمعنى قوله تعالى : (والله أنبتكم من الأرض نباتاً ، ثم يعيدكم فيها ويخرجكم إخراجا) ؛ وفى نور ماذكرنا لك عن حياة النبات وطاقة الحيوان أن تكون أفهم لمعنى قوله تعالى : (أفرأيتم النار التى تُورُون ؟ أأنتم أنشأتم شجرتها أم نحن المنشئون ؟ نحن جعلناها تذكرة ومتاعا للمُقْوِين . فسبح باسم ربك العظيم) . لكننا نريد مع ذلك ألا نترك هذا الباب حتى ننظر معك فى آيتين اثنتين لن تجد صعوبة فى فهم إشاراتهما الواضحة إذا استحضرت ما قدمنا لك من الحقائق : الأولى آية الأنعام والثانية آية يس . كلتا الآيتين تنبه إلى أثر التمثيل الخضرى فى الحياة إلا أن آية يس تؤكد فيه ناحية الطاقة وآية الأنعام تؤكد فيه ناحية النمو .

أما آية يس : (الذى جعل لكم من الشجر الأخضر ناراً فإذا أنتم منه توقدون) فمفتاح معناها وصف الشجر بالأخضر وترتيب النار على خضرة الشجر . ومن يعرف أثر الخضرة فى نمو الشجر ، وفى بناء كيانه الخشبى على الأخص ، وفى اختزان مافى ذلك الكيان من طاقة تبدو ناراً عند الاستيقاد ، لا يجد صعوبة فى إدراك سر ترتيب النار على الخضرة ، أو فى تبيُّن عظمة الآية وبلاغتها وإعجازها . ومن لم يعرف هذا تحير أمام هذا الترتيب الغريب ، وراح يتلمس للآية توجيهاً فيذهب بها فى غير وجهها ، كما فعل من تلمس تفسير الآية فى سهولة اتقاد المرخ والعفار .

على أن هناك قرينة قرآنية قوية تعيّن أن تفهم الآية الكريمة على هذا الوجه الذى ذكرناه ، ألا وهى قرينة السياق . إن تلك الآية الكريمة إنما سيقت ردا على منكر البعث بعثِ الإنسان بعد أن يصير عظاما رميما : (وضرب لنا مثلا ونَسِيَ خَلْقه ؛ قال من يحيي العظام وهى رميم ؟ قل يحييها الذى أنشأها أول مرة وهو بكل خَلْقٍ عليم . الذى جعل لكم من الشجر الأخضر ناراً فإذا أنتم منه

توقدون) . فلابد أن يكون هناك صلة بين معناها و بين مسألة البعث ، كما لابد أن يكون هناك حجة فيها على منكرى البعث . أما الصلة فظاهرة من أن الآية متصل موضوعها اتصالا وثيقاً بحياة النبات و إنشائه حيا نامياً قويا بعد أن كان بذرة أو نواة لا نماء بها ولا حياة ، وتزداد الصلة بأمر البعث وضوحا باتضاح الحجة التى فى الآية على منكر البعث ، والتى تقوم على أن جميع نماء الشجر ومادته وطاقته بعد خروج أول ور يقتين خضراوين من البذرة أو النواة إنما هو آت من مواد أولية هى نواتج تعفن الشجر بعد موته أو احتراقه ، أى من مواد تشبه من كل الوجوه ذلك العظم الرميم الذى استبعد المنكر الجاحد أن يحييه الله مرة أخرى . بل إن ذلك المنكر لم يشر إلا إلى جزء من نواتج التعفن تعفن الإنسان أو الحيوان ، ألا وهو العظم الرميم ، فى حين أن هناك كما عرفت نواتج أخرى للتعفن غير العظم مثل ثانى أكسيد الكربون و بخار الماء جهلها ذلك المنكر فلم تخطر له على بال . أما الآية الكريمة فقد أشارت إشارة واضحة يفهمها العالمون إلى ظاهرة تشبه ظاهرة البعث تمام الشبه لأنها بالفعل ظاهرة بعث للنبات بعد أن صار بالتعفن أو الاحراق بخار ماء وثانى أكسيد كربون ورماداً أو أملاحا هى فى الحقيقة التى تقابل العظم الرميم الذى ذكره الجاحد . فكأن الآية الكريمة تقول لذلك المنكر إن الذى يبعث الشجرة بعد أن فنيت ، و يخلقها مرة أخرى بواسطة المادة الخضراء من نواتج تعفنها أو احتراقها ، قادر على أن يبعث الإنسان بعد موته و يخلقه مرة أخرى من نواتج تعفنه وتحوله إلى عظم رميم وغير عظم رميم . إلا أنه لما لم يكن مأموناً على العقل حين نزلت الآية التصريحُ بهذه المعانى اكتُفى فى الآية الكريمة بإيداعها مفاتيح إلى هذه المعانى لينتفع بها الإنسان إذا اتسع علمه ، ألا وهى وصف الشجر بالخضرة عند جعله أصلا للنار ، مع السياق .

على أنه إذا كانت آية يس قد عبرت عن خلق الشجر من الخضرة بلازمه

وهو خلق النار من الخضرة فإن ما أشارت إليه آية يس قد صرحت به آية الأنعام : (وهو الذى أنزل من السماء ماء فأخرجنا به نبات كل شىء فأخرجنا منه خضرا نخرج منه حبا متراكبا) فإن هذه الآية الكريمة إذا أخذت حرفيا قد صرحت بما ألممنا به من حياة النبات فى التفسير السابق . فهناك دور الإنبات بالماء ينتهى بخروج الوريقات الخضراء . وكلمة نبات فى الآية يصح أن تكون أيضاً اسم مصدر بمعنى الإنبات . فالماء ينبت الله به كل بذر وكل نوى ، ومن ناتج هذا الإنبات يخرج الله الخضر ، ومن هذا الخضر يخرج الله الحب المتراكب الذى هو ثمرة النبات ، وإذن فالله يخرج أيضاً من الخضر مابين الخضر والحب من ساق وفروع وأوراق وأزهار .

على أن بقية آية الأنعام صريحة أيضاً فى أن ما يخرجه الله سبحانه من الخضر ليس مقصوراً على الزرع ذى الحب ولكن يتناول أيضاً الأعناب والزيتون والرمان وأشباهها من النباتات طبعاً : (ومن النخل من طلعها قنوانٌ دانية ، وجناتٍ من أعناب ، والزيتونَ والرمانَ مشتبهاً وغير متشابه ، انظروا إلى ثمره إذا أثمر وينعه ، إن فى ذَلِكُم لآيات لقوم يؤمنون) . فهذه كلها يخرجها الله سبحانه خشباً وثمراً من المادة الخضراء ، وقد بين العلم كيفية هذا الإخراج وأنه يكون بواسطة الضوء من نواتج تحلل النبات وتعفنه . فالآيتان الكريمتان تتناولان ظاهرة حياة النبات من وجهيها المهمين ، غير أن آية الأنعام أكثر تفصيلا وفيها منّ الله على الإنسان بالحب والثمر ، وفى آية يس منّ عليه بالنار الناتجة طبعاً من احتراق الخشب . وبعبارة أخرى نبهت آية يس إلى الطاقة التى يختزنها الله للإنسان بالمادة الخضراء فى الخشب الذى هو أكثر مادة الشجر ، أما آية الأنعام فنبهته إلى خلق الثمر الذى منه غذاء الإنسان وكل ما يستمده من الغذاء من مادة وطاقة لولاهما ما استطاع أن يعمل وما استطاع أن يعيش . فالشجر كله خشبه وثمره ، والزرع كله

ورقه وحبه ، يخلقه الله سبحانه مرة بعد أخرى من نفس المواد التى خلق منها أولا والتى إليها يعود . بل الإنسان والحيوان يخلقهما الله سبحانه مرة بعـد أخرى فى هذه الحياة من نفس المواد التى خُلقا منها والتى إليها يعودان بعد الموت ، وكل الفرق بين الخلقين أن النبات يُخلق من تلك المواد مباشرة ، وهذا هو الحـكمة فى إقامة الحجة به ، وأما الحيوان والإنسان فيخلقان منها بواسطة النبات . فالقرآن ينبه مستبعد البعث إلى البعث الذى يجرى بين يديه وأمام عينيه . صحيح أن البعث الجارى أمام الإنسان هو بعث النوع فيما يتعلق بالإنسان ، لـكنه فيما يتعلق بالنبات بل وبغير الإنسان من الحيوان أقرب ما يكون إلى بعث الفرد ، إذ ليس للفرد النباتى أو الحيوانى شخصية مستقلة ممتازة كما للفرد الإنسانى . ولعل هذا حكمة أخرى فى إقامة الحجة على منكر البعث بلفت نظره إلى بعث النبات . ومهما يكن الأمر فى هذا فإن فى بعث الأنواع الجارى حول الإنسان ما يكفى لإفحام منكرى البعث ، لأن موضع الإنكار من هؤلاء ليس هو بعث الفرد أو بعث النوع ، ولـكن هو مطلق البعث ، هو إمكان خلق الحى من الميت وتحويل نواتج تعفن الميت إلى حى . فأراهم الله فى القرآن أن هذا ليس ممكنا فقط بل هو الحقيقة الواقعة التى تقوم عليها الحياة وتدور .

الدليل الهجائى للكتاب

(الرقمة أسماء أعلام)

(ح)

(خ)

(د)

(ذ)

(ر)

(ز)

أخطاء فرطت فى الكتاب

ص	سطر	خطأ	صواب
٤٧	٩	جزئيات	جزيئات
٥٥	٢	الرابع	الثالث
٧٠	١٠	ديوورز	ديوور
٧١	٣	»	»
٧٢	٢ ، ١١	»	»
٧٣	٤	الثلج	الجمد